

Qualità dell'aria e salute

L'“inquinamento atmosferico” può essere definito come la presenza in atmosfera di una o più sostanze, di origine antropica (attività industriali, centrali termoelettriche, riscaldamento domestico, trasporti) o di origine naturale (pulviscolo, esalazioni vulcaniche, decomposizione di materiale organico, incendi), in quantità e caratteristiche tali da modificarne la normale costituzione e da costituire un rischio diretto o indiretto per la salute dell'uomo, degli ecosistemi e dei beni materiali. L'emissione e la diffusione delle sostanze inquinanti, a seconda della tipologia della sorgente, della sua localizzazione e della natura dell'inquinante, possono determinare conseguenze localizzate in ambito urbano per poche ore o giorni (inquinanti da traffico autoveicolare o riscaldamento domestico), in ambito nazionale o trans-nazionale per mesi od anni (sostanze acidificanti) od addirittura in ambito planetario per decenni (gas-serra). La valutazione e la gestione della qualità dell'aria, in termini di prevenzione ambientale intesa come tutela della salute della popolazione e salvaguardia dell'ambiente nel suo complesso, sono definite per modalità e strumenti informativi (tipo e metodi di monitoraggio dell'aria, censimento delle sorgenti, modellistica di emissione e diffusione degli inquinanti, impatto sulla popolazione) dalla Direttiva Quadro 96/62/CE, recepita con il D. Lgs. n. 351 del 4/08/1999.

L'importanza della valutazione della qualità dell'aria non sta, ovviamente, solo nella “misura” delle emissioni e delle concentrazioni in atmosfera dei differenti inquinanti analizzati, quanto dell'esposizione della popolazione a questi inquinanti e del conseguente impatto sulla salute che ciò può determinare, sia direttamente (concentrazione dell'inquinante e tempo di esposizione) sia indirettamente (effetti collaterali a cascata delle alterazioni ambientali dovute ad inquinanti che si ripercuotono sull'uomo). Una valutazione dell'esposizione umana non può prescindere prima di tutto dall'analisi della variabile tempo in funzione del sito di esposizione: la maggior parte del tempo dell'uomo industrializzato viene spesa in ambiente confinato (*indoor*) rispetto all'ambiente esterno (*outdoor*), e generalmente in ambienti urbani ed industrializzati, rispetto a quelli rurali ed agricoli o naturali. Pertanto valutazioni puntuali della correlazione concentrazione ambientale/esposizione dell'individuo sono destinate generalmente a fallire, sovrastimando o sottostimando il problema. A peggiorare ciò, rientrano poi le complesse dinamiche di emissione, diffusione, distribuzione e destino dell'inquinante, in particolare per la complessità della combinazione tra inquinanti primari e secondari. Molte delle metodologie di valutazione dell'esposizione, al fine di definire gli effetti sulla popolazione, si basano, quindi, o su studi sperimentali in “enclosure” con generalizzazione alla popolazione degli effetti; ovvero sulla correlazione tra risultati di rilevazioni da stazioni fisse di monitoraggio, misure personali di esposizione e modellizzazione della stima di concentrazione degli inquinanti in ambiente. Ognuna delle metodiche ha ovviamente i suoi vantaggi e svantaggi, che andranno ad esaltare o sminuire gli aspetti di precisione ed accuratezza del dato, ovvero il costo, la flessibilità, l'applicabilità e la praticità dello stesso.

In particolare, i limiti di qualsivoglia studio epidemiologico di correlazione tra inquinante ed effetto sulla salute sta nel dimostrare gli effetti a lungo termine o cronico-degenerativi, in quanto comporta la valutazione delle variazioni tempo-dipendenti della miscela di inquinanti come effetto sull'individuo, analisi della suscettibilità di questo (infanzia, gravidanza, senilità, patologie pregresse, etc.) e dell'andamento nel tempo degli stili di vita, delle attività occupazionali, di trasporto e modalità di esposizione domestica, etc.. Resta, comunque, evidente che, al di là dei limiti della valutazione del rischio, la gestione degli effetti a lungo termine necessita di un approccio prudentiale al problema con una riduzione delle emissioni dalle sorgenti piuttosto che una riduzione dell'esposizione dell'individuo come della collettività, laddove il primo dei rimedi appare spesso con un maggior costo iniziale, ma necessita spesso di minori interventi organizzativo-gestionali rispetto al secondo, che viene più spesso previsto, ma si dimostra maggiormente complesso da conseguire. Appare sempre più un'esigenza primaria di prevenzione, comunque, quella di procedere ad una capillare informazione/formazione della popolazione al fine di attuare una educazione alla salute che tenda a mutare stili di vita e comportamenti altrimenti difficilmente gestibili.

Inoltre, è bene iniziare, alla luce dell'evoluzione dell'evidenza scientifica, a ipotizzare nuove sorgenti di inquinamento dell'aria (particolati da nanomolecole, inquinamento da sostanze complesse in miscele aggregate, formazione di elementi terziari per aggregazione di miscele su adiuvanti, etc.) che gli attuali indicatori non riescono a risolvere e di cui, quindi, non conosciamo il reale impatto sulla salute. Se la maggior parte del tempo è spesa dalla collettività in ambienti interni, siano essi mezzi di trasporto o case od uffici, sono sempre più le sostanze presenti in essi (tipo VOCs, VOCs metanici e non metanici, idrocarburi, sostanze acide o basiche complesse, etc.) che contribuiscono a determinare gli effetti sulla salute dell'individuo e non già quelle che classicamente sono valutate quale espressione della qualità dell'aria. Per altro, è bene qui ricordare che la qualità dell'aria rap-

presenta un indicatore sostanziale dell'equa distribuzione (o *equità ambientale*) degli aspetti negativi e positivi che la società industrializzata promuove. È facilmente dimostrabile che Paesi e regioni, in cui siano elevate le patologie respiratorie, presentano una minore qualità dell'aria e che nei Paesi in via di sviluppo sempre le patologie respiratorie siano essenzialmente diffuse tra i gruppi al più basso livello socio-economico. Altre variabili da considerare in tal senso sono l'età ed il livello culturale/scolastico della collettività, sebbene non sempre sia chiaro il meccanismo di correlazione. Così come sembrerebbe, ma i dati sono ancora limitati, che la parte di popolazione che vive, va a scuola od al lavoro nei pressi di una sorgente di inquinamento costituisca la parte sostanziale della collettività (oltre il 40%) ed appartenga alle classi sociali di minor livello. Conseguentemente, il maggior tasso di mortalità si osserva nei gruppi a minor livello socio-economico, mentre il tasso di ospedalizzazione (per effetti acuti) non presenta attualmente una chiara distinzione di livello socio-economico, quasi a significare come a parità di impatto ambientale degli inquinanti, sia il successivo grado di assistenza sanitaria e di sensibilità al problema a modificare gli effetti e le conseguenze sulla salute a medio-lungo termine. Pertanto si potrebbe affermare che: 1) in relazione all'impatto di sorgenti locali di inquinamento, sussistono classi di popolazione che sono esposte in modo consistentemente più elevato ad inquinamento ambientale rispetto ad altre; 2) le aree di maggior esposizione coincidono talvolta con quelle in cui sono presenti tali gruppi di minor livello socio-economico; 3) i gruppi di basso livello socio-economico presentano una maggiore suscettibilità all'inquinamento atmosferico e, quindi, presentano un minore livello base di salute.

L'esposizione ad inquinanti atmosferici è stata associata con una grande varietà di effetti avversi sulla salute, che caratterizzano un ampio range, dalla riduzione della qualità di vita alla morte dell'individuo, ed includono anche alcuni effetti irreversibili sulla funzione degli apparati. In genere, gli effetti sono suddivisi per stati acuti o comunque per esposizione a breve-termine oppure per esposizione a lungo termine.

Effetti a breve termine:

- aumento tasso di mortalità giornaliera;
- aumento accessi ospedalieri, specialistici e ambulatoriali per patologie respiratorie e cardiovascolari;
- aumento utilizzo o impiego di farmaci cardiovascolari o respiratori;
- aumento giorni di ridotta attività;
- aumento assenteismo dal lavoro;
- aumento assenteismo da scuola;
- sintomi acuti quali irritazione delle mucose oculari, nasali e respiratorie, tosse secca e stizzosa, produzione di muco, infezioni respiratorie;
- riduzione della funzionalità polmonare.

Effetti a medio-lungo termine

- aumento tasso di mortalità dovuta a patologie cardiovascolari e respiratorie;
- aumento incidenza e prevalenza patologie croniche respiratorie (asma, BPCO, variazioni croniche funzionalità polmonare);
- variazioni croniche delle funzioni fisiologiche;
- neoplasie polmonari;
- patologie croniche cardiovascolari, eventi ischemici, aritmie, variazioni della frequenza cardiaca;
- riduzione della crescita fetale (basso peso alla nascita a termine, ritardo nella crescita intrauterina, piccolo per l'età gestazionale).

La riduzione dell'aspettativa di vita, esprimibile come riduzione sia della qualità di vita sia di riduzione della sopravvivenza in termini di giorni, mesi od anni è in relazione sia alla frequenza degli episodi di inquinamento sia alla severità di esposizione, senza alcuna apprezzabile differenza. D'altronde deve essere chiaro che questo, da un punto di vista di Sanità Pubblica, non è altro che la punta di un iceberg, poiché a fronte della visibilità e dell'impatto emotivo che i decessi determinano nell'opinione pubblica, maggiore impegno delle risorse richiedono tutti quegli effetti sulla salute che determinino in realtà stati sub-clinici di malattia, sia per la loro maggiore frequenza che per la loro massima diffusione. Inoltre, deve essere sempre considerato che la maggior parte dei limiti fissati nelle normative segue un criterio che trae origine dall'osservazione di effetti acuti o comunque a breve termine, portando ad una possibile mis-classificazione in caso di applicazione per gli effetti cronico-degenerativi od a lungo termine e, quindi, ad una sottostima del fenomeno.

I meccanismi fisiopatologici o metabolici di danno possono essere associati, per l'apparato respiratorio, a processi di stress ossidativo ed infiammatorio acuto e/o cronico, con interferenza dei meccanismi di *clearance* e difesa antimicrobica epiteliale ovvero, per l'apparato cardiovascolare, ad alterazione della coagulazione (ipercoagulabilità) con incremento dell'aterosclerosi e rottura di placche ateromatose.

Molti studi, per altro, suggeriscono che esista una relazione lineare tra gli inquinanti particolati ed il tasso di mortalità, con la conseguenza che potrebbe non sussistere un NOEL (*No-Observed-Effects-Level*) o un valore limite entro cui gli effetti del particolato non siano osservabili.

Per il *particolato* (PM_{10} e $PM_{2,5}$), l'evidenza degli effetti sulla salute deriva da differenti ma complementari linee di ricerca e studio clinico, con specifici e condivisi limiti, quali ad esempio la valutazione su volontari e soggetti con pregresse patologie croniche respiratorie senza che si raggiungessero elevate concentrazioni di particolato (sebbene questo limite sia stato recentemente superato), ovvero la mis-classificazione di esposizione e potenzialmente la presenza di fattori di confondimento, quali temperatura ed umidità. Così l'*American Heart Association* può affermare nel 2004 che l'associazione tra particelle aerotrasportate ed eventi avversi cardiovascolari è di tipo causale (Brook et al., 2004).

Per quanto riguarda il *biossido d'azoto* (NO_2), sono necessarie concentrazioni di NO_2 in eccesso, circa $1.880 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ovvero 1,0 ppm, per determinare variazioni nella funzionalità alveolare e polmonare in adulti sani così come necessitano concentrazioni di $9.400 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero 5,0 ppm, per avere un incremento significativo della resistenza alveolare (Stresemann E et al., 1980). Anche se in altri studi non vi sia traccia di alterazioni della funzione polmonare anche per valori di concentrazione di NO_2 sino a $7.000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero 3,7 ppm (Linn WS et al., 1985). Numerosi studi dimostrano, altresì, che in soggetti con pregressa asma o BPCO l'esposizione anche a valori molto bassi di NO_2 , circa $560 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero 0,3 ppm, per 2/2,5 ore, può modificare la Capacità Vitale Forzata (FVC) ed il Volume Espiratorio Forzato (FEV), od incrementare la resistenza alveolare (Avol EL et al., 1989), o dare sintomi polmonari. Ma questi studi non sono consistenti né statisticamente significativi, per cui presentano lacune ampie con molte difficoltà di validazione dei dati. Diverse revisioni della letteratura e meta-analisi hanno potuto dimostrare che la pre-esposizione a NO_2 , circa $800 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero 0,43 ppm, può incrementare la risposta di tipo asmaticiforme broncocostrittiva in soggetti sensibilizzati ad allergeni inalatori (tipo gli allergeni presenti nella polvere di casa) (Tunnicliffe WS et al., 1994). In un altro studio, più recente, 20 soggetti sono stati esposti in una galleria stradale ad una mediana di NO_2 , circa $313 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero 0,17 ppm, per 30 minuti, in modo da studiare gli effetti dell'inquinamento da traffico autoveicolare sull'asma allergica. I soggetti esposti hanno presentato sintomi asmatici più gravi, profondi e duraturi dei controlli, sebbene si debba notare che sintomi simili possono essere scatenati anche per esposizione a concentrazioni inferiori di PM_{10} , VOCs e CO (Svartengren M et al., 2000). Così l'esposizione contemporanea a PM_{10} (tra 100 e $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e NO_2 (tra 1.000 e $2.700 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ovvero 0,53-1,44 ppm), come accade per l'ispirazione di emissioni da motori diesel, risulta in una risposta infiammatoria che include infiltrazione neutrofila e linfocitaria delle mucose delle vie aeree e produzione di citochine della flogosi (Salvi SS et al., 2000).

L'esposizione a biossido di zolfo (SO_2) comporta, per soggetti sani, una riduzione in media dei valori di funzionalità polmonare per concentrazioni variabili tra $11.440 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (4.000 ppb) e $14.300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (5.000 ppb), mentre non sarebbero osservabili effetti significativi per concentrazioni inferiori a $2.860 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1.000 ppb) (Lawther PJ et al., 1975). Nei soggetti asmatici o con BPCO le concentrazioni atte a determinare una riduzione delle funzioni ventilatorie si hanno a valori nettamente inferiori compresi tra $1.430 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (500 ppb) e $1.716 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (600 ppb), in caso di moderato esercizio fisico, ovvero a circa un decimo che per i soggetti sani, ed a concentrazioni che possono essere osservate di picco in situazioni diverse in ambiente urbano (gallerie stradali, parcheggi coperti, etc.) (Linn WS et al., 1983). Il limite minimo in cui non si sia riscontrato un effetto anche nei soggetti asmatici per esposizione a SO_2 sembrerebbe attestarsi a circa $1.144 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (400 ppb), sebbene si debba sempre tenere conto come in sperimentazioni a "camere controllate" si siano osservati effetti in taluni soggetti maggiormente suscettibili anche a circa 100 ppb ($286 \mu\text{g}/\text{m}^3$), e quindi ampiamente in condizioni che "normalmente" è probabile che si verifichino nelle città di maggior traffico o con maggior grado di riscaldamento. Altresì gli effetti del SO_2 potrebbero essere anche maggiori sulla funzione cardiaca con variazioni del ritmo a bassa ed alta frequenza ed intervalli R-R alterati già a concentrazioni di $572 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (200 ppb) (Tunnicliffe WS et al., 2001). Gli studi epidemiologici *Air Pollution and Health: A European Approach* (APHEA 1) (1997) in 12 città europee, EMECAM (2002) in 13 città spagnole e *National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study* (NMMAPS) (2000) in 90 città negli Stati Uniti hanno contribuito a chiarire e descrivere molti di questi aspetti con l'osservazione diretta sul territorio e tra la popolazione degli effetti dell'esposizione (Katsouyanni K et al, 1997; Samet J et al., 2000; Ballester F et al., 2002; Dominici F et al., 2003).

L'ozono correla in modo diretto con un aumento di morbosità (assenza da scuola a partire da concentrazioni >100 sino a circa $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e mortalità per effetti sul sistema respiratorio polmonare e cardiovascolare, come pure con un incremento di accessi e ricoveri ospedalieri di pazienti cronicamente affetti da asma e/o BPCO per ridotta funzionalità respiratoria, oltre che per sviluppo di arteriosclerosi. Gli studi condotti sugli effetti combinati di inquinanti atmosferici e particolari polimorfismi di geni coinvolti nei meccanismi dello stress ossidativo, confermano queste osservazioni. Studi epidemiologici hanno dimostrato, infatti, una forte correlazione tra esposizione ad inquinanti aerodispersi - particolato, monossido di carbonio (CO), ossidi di azoto e di zolfo (SO_2 , NO_x), ozono e problemi di salute in feti e neonati come deriva anche dallo studio APHEA 2 (Gryparis A et al., 2004; Adar SD et al., 2007; Kampa M., et al, 2007; Rohde G., 2008). Esiste significativa associazione tra gli inquinanti aerodispersi e lo sviluppo fetale anormale (basso peso alla nascita [LBW], peso molto basso alla nascita

[VLBW], parto pretermine [PTB], riduzione della crescita intrauterina [IUGR], difetti congeniti, mortalità intrauterina e infantile), oltre che ridotta crescita del polmone, aumento del tasso di infezioni del tratto respiratorio e dei casi di asma infantile, problemi comportamentali ed, infine, disfunzioni neurocognitive (Wang L et al., 2007; Yang IA et al., 2008). Proprio in relazione all'asma infantile si è potuto accertare che concentrazioni di ozono tra i 30 ed i 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ rappresentano una soglia minima per poter scatenare, dopo un'esposizione di circa 1 ora, il classico "sibilo" in bambini asmatici esposti, mentre più autori convengono che una soglia dose-risposta per alterazioni delle funzioni polmonari si può situare a circa 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Fusco D et al., 2001; Mortimer KM et al., 2002).

Si ribadisce, per altro, che numerosi studi confermano come l'esposizione a inquinanti ambientali, tra cui in particolare l'ozono ed il biossido d'azoto, correlino fortemente con un aumentato tasso di eventi di malattie cardiovascolari già a partire da esposizioni a concentrazioni di 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{ora}$ (aritmie) e conseguentemente di mortalità da questi causata (Maitre A et al., 2006). Tanto che si può arrivare a ipotizzare che incrementi dell'ozono (per altro variamente associato anche a fluttuazioni dei valori di particolato, temperatura, condizioni meteorologiche) oltre i limiti di 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{ora}$ sino a circa 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{ora}$ incrementino la mortalità tra lo 0,23% ed il 6,6% (Goldberg MS et al., 2001; Gryparis A et al., 2004; Schwartz J., 2005).

Infine al benzene, la cui presenza nell'aria è dovuta quasi esclusivamente ad attività di origine antropica, si può attribuire il 95-97% delle emissioni complessive. Una piccolissima percentuale (3-5%) proviene da cause naturali come incendi di foreste, decomposizione delle biomasse, emissioni in aree ricche di petrolio. Oltre il 90% delle emissioni antropiche di benzene dipende dalle attività legate al ciclo della benzina: raffinazione, distribuzione dei carburanti e soprattutto traffico veicolare, che da solo ne rappresenta circa l'80-85%. Il contributo all'emissione atmosferica di benzene è attribuibile a tre diversi meccanismi: evaporazione del combustibile durante il rifornimento (1%), evaporazione durante il funzionamento dell'autoveicolo e nel raffreddamento del motore dopo l'arresto (14%), produzione nella combustione del motore (85%). Oltre che dalle attività legate all'uso dell'automobile, la presenza del benzene negli ambienti esterni deriva dal fumo di sigaretta, dall'industria chimica, dal riscaldamento domestico e dall'uso di solventi.

Si possono distinguere effetti sulla salute legati all'esposizione a benzene di tipo tossico acuti, associati a brevi esposizioni a livelli elevati di benzene (poco frequenti nell'ambiente di vita) ed effetti tossico cronici, associati a periodi di esposizione di maggiore durata e a basse dosi di inquinante. Nell'esposizione acuta, gli organi bersaglio sono (*World Health Organization, WHO, 1987*):

- il sistema nervoso centrale con cefalea, nausea, vertigini, affaticamento, irritabilità, nausea e cefalea;
- l'apparato ematopoietico con riduzione del numero dei globuli bianchi e rossi ematici, anemia, leucopenia, trombocitopenia e aumento dei reticolociti. Si possono avere effetti anche a livello del midollo osseo con una diminuzione di diversi elementi corpuscolari nel sangue circolante (pancitopenia e trombocitopenia);
- il miocardio.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) classifica il benzene come cancerogeno di gruppo 1, cioè in grado di determinare forme differenti di leucemia. L'associazione tra esposizioni a dosi elevate di benzene e lo sviluppo di leucemia è confermata da numerosi studi scientifici, tra cui il WHO che identifica un valore soglia a circa 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per una esposizione di una popolazione di 10^{-6} "all life" (WHO, 1987). Una sintesi delle maggiori pubblicazioni cliniche sull'argomento consente di affermare però che non sono riscontrabili rischi leucemogeni per soggetti professionalmente esposti a valori di benzene inferiori a 20-25 ppm (60-80000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Studi effettuati più di recente hanno, comunque, evidenziato che l'esposizione a bassi dosaggi di benzene per periodi molto lunghi incrementa l'incidenza di un'ampia varietà di neoplasie negli animali di laboratorio. Inoltre, studi epidemiologici hanno confermato un incremento di casi di leucemia mieloide fra soggetti esposti a tale sostanza. Il benzene è anche un potente agente genotossico in quanto è capace di determinare sull'uomo e nei sistemi sperimentali sia in vitro che in vivo un aumento degli scambi tra cromatidi fratelli, aberrazioni cromosomiche e un aumento del numero dei micronuclei. È noto anche l'effetto del benzene sulle attività linfocitarie e sul numero dei linfociti, come pure l'effetto inibitorio sulle risposte immunitarie (Maltoni C et al., 1983; Ning H et al., 1991; Shelby MD et al., 1993; Eastmond DA et al., 1994; Cassano F et al., 1998; Bukvic N et al., 1998).

Riferimenti bibliografici

- 1) Adar SD, Kaufman JD. Cardiovascular disease and air pollutants: evaluating and improving epidemiological data implicating traffic exposure. *Inhal Toxicol.* 2007; 19 Suppl 1: 135-49.
- 2) Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.
- 3) Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.
- 4) Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici. APAT. SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.
- 5) American Thoracic Society. What constitutes and adverse health effect of air pollution? *American Journal of Respiratory and*

- Critical Care Medicine, 2000, 161: 665-673.
- 6) Avol EL et al. Experimental exposures of young asthmatic volunteers to 0.3 ppm nitrogen dioxide and to ambient air pollution. *Toxicology and Industrial Health*, 1989, 5: 1.025-1.034.
 - 7) Ballester F et al. The EMECAM project: a multicentre study on air pollution and mortality in Spain: combined results for particulates and for sulfur dioxide. *Occupational and Environmental Medicine*, 2002, 59: 300-308.
 - 8) Brook RD et al. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*, 2004, 109: 2.655-2.671.
 - 9) Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, Luepker R, Mittleman M, Samet J, Smith SC Jr, Tager I; Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation*. 2004 Jun 1; 109 (21): 2.655-71.
 - 10) Brugnone F, et al. Livelli ambientali ed ematici di Benzene nei benzinai. *Med Lav* 1997: 89-97.
 - 11) Bukvic N, Bavaro P, Elia G, Cassano F, Fanelli M, Guanti G. Sister chromatid exchange (SCE) and micronucleus (MN) frequencies in lymphocytes of gasoline station attendants. *Mutat Res* 1998 Jul 8; 415 (1-2): 25-33.
 - 12) Cassano F, Bavaro P, De Marinis G, Bukovic N, Giacomoantonio A. Inquinamento da Benzene nella città di Bari. *G Ital Med Lav Erg* 1998; 20: 2, 91-97.
 - 13) Dominici F et al. Mortality among residents of 90 cities. In: Revised analyses of time-series studies of air pollution and health. Special report. Boston, MA, Health Effects Institute, 2003: 9-24.
 - 14) Eastmond DA, Rupa DS, Hasegawa LS. Detection of hyperdiploidy and chromosome breakage in interphase human lymphocytes following exposure to the Benzene metabolite hydroquinone using multicolor fluorescence in situ hybridization with DNA probes. *Mutat Res* 1994 Jul; 322 (1): 9-20.
 - 15) Environmental Protection Agency. Air quality criteria for oxides of nitrogen. Research Triangle Park, NC, US, 1993 (EPA Report No. EPA/600/8-91/049aF-cF. 3v).
 - 16) European Environment Agency (EEA). Air pollution by ozone in Europe in summer 2006. Technical report No 5/2007. Copenhagen, 2007.
 - 17) Franchini M, Mannucci PM. Short-term effects of air pollution on cardiovascular diseases: outcomes and mechanisms. *J Thromb Haemost*. 2007 Nov; 5 (11): 2.169-74.
 - 18) Fusco D et al. Air pollution and hospital admissions for respiratory conditions in Rome, Italy. *European Respiratory Journal*, 2001, 17: 1.143-1.150.
 - 19) Goldberg MS et al. Associations between daily cause-specific mortality and concentrations of ground-level ozone in Montreal, Quebec. *American Journal of Epidemiology*, 2001, 154: 817-826.
 - 20) Gryparis A et al. Acute effects of ozone on mortality from the "Air Pollution and Health: A European Approach" project. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2004, 170: 1.080-1.087.
 - 21) <http://air-climate.eionet.eu.int/databases/airbase/index.html>. 25/06/2008 16: 54.
 - 22) http://annuario.apat.it/capitoli/Ver_5/06_Atmosfera.pdf. 12/09/2008 10:30.
 - 23) <http://etc-acc.eionet.europa.eu/databases/airbase.html>. 25/06/2008 16: 54.
 - 24) http://www.apat.gov.it/site/it-IT/Servizi_per_l'Ambiente/Dati_di_Qualita_dell'aria/. 25/06/2008 16: 54.
 - 25) <http://www.brace.sinanet.apat.it/web/struttura.html>. 25/06/2008 16: 54.
 - 26) <http://www.sinanet.apat.it/it/>. 25/06/2008 16: 54.
 - 27) Istat, Dati demografici della popolazione, 2006.
 - 28) Kampa M, Castanas E. Human health effects of air pollution. *Environmental Pollution*, 2008, 151: 362-367.
 - 29) Kampa M, Castanas E. Human health effects of air pollution. *Environ Pollut*. 2008 Jan; 151 (2): 362-7. Epub 2007 Jul 23.
 - 30) Katsouyanni K et al. Short-term effects of ambient sulfur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from times series data from the APHEA project. *BMJ*, 1997, 314: 1.658-1.663.
 - 31) Kunzli N et al. Ambient air pollution and atherosclerosis in Los Angeles. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113: 201-206.
 - 32) Lawther PJ et al. Pulmonary function and sulfur dioxide, some preliminary findings. *Environmental Research*, 1975, 10: 355-367.
 - 33) Linn WS et al. Effects of exposure to 4-ppm nitrogen dioxide in healthy and asthmatic volunteers. *Archives of Environmental Health*, 1985, 40: 234-239.
 - 34) Linn WS et al. Respiratory effects of sulfur dioxide in heavily exercising asthmatics. a dose-response study. *American Review of Respiratory Disease*, 1983, 127: 278-283.
 - 35) Maitre A, Bonnetterre V, Huillard L, Sabatier P, de Gaudemaris R. Impact of urban atmospheric pollution on coronary disease. *Eur Heart J*. 2006 Oct; 27 (19): 2.275-84. Epub 2006 Aug 7.
 - 36) Maltoni C, Conti B, Cotti G. Benzene: a multipotential carcinogen. Results of long-term bioassays performed at the Bologna Institute of Oncology. *Am J Ind Med* 1983; 4 (5): 589-630.
 - 37) Mortimer KM et al. The effect of air pollution on inner-city children with asthma. *European Respiratory Journal*, 2002, 19: 699-705.
 - 38) Moscato U, Giannetti G, Grieco G, Dalla Torre F. Igiene Ambientale. In "Igiene, Medicina Preventiva e Sanità Pubblica" (Eds. Ricciardi G et al.). Idelson-Gnocchi, Napoli, 2006.
 - 39) Ning H, Kado NY, Kuzmicky PA, Hsieh DP. Benzene-induced micronuclei formation in mouse fetal liver blood, peripheral blood, and maternal bone marrow cells. *Environ Mol Mutagen* 1991; 18 (1): 1-5.
 - 40) Rohde G. The effects of air pollution and climate change on pulmonary diseases. *Dtsch Med Wochenschr*. 2008 Apr; 133 (14): 733-6.
 - 41) Salvi SS et al. Acute exposure to diesel exhaust increases IL-8 and GRO- α production in healthy human airways. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2000, 161: 550-557.
 - 42) Samet J et al. The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study Part II: Morbidity, Mortality, and Air Pollution in the United States. Cambridge, MA, Health Effects Institute, 2000.
 - 43) Samoli E et al. Estimate the exposure-response relationships between particulate matter and mortality within the APHEA multicity project. *Environmental Health Perspectives*, 2005, 113: 88-95.
 - 44) Schwartz J. How sensitive is the association between ozone and daily deaths to control for temperature? *Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 2005, 171: 627-631.
 - 45) Shelby MD, Erexson GL, Hook GJ, Tice RR Evaluation of a three-exposure mouse bone marrow micronucleus protocol: results with 49 chemicals. *Environ Mol Mutagen*, 1993; 21 (2): 160-79 .
 - 46) Stresemann E, Von Nieding G. The acute effects of 5 ppm NO₂ on the resistance of the human respiratory tract to breathing. *Staub*, 1980, 30: 259-260.
 - 47) Svartengren M et al. Short-term exposure to air pollution in a road tunnel enhances the asthmatic response to allergen.

- European Respiratory Journal, 2000, 15: 716-724.
- 48) Tunnicliffe WS et al. The effect of sulfur dioxide on indices of heart rate variability in normal and asthmatic adults. European Respiratory Journal, 2001, 17: 604-608.
- 49) Tunnicliffe WS. et al. Effect of domestic concentrations of nitrogen dioxide on airway responses to inhaled allergen in asthmatic patients. Lancet, 1994, 34: 1.733-1.736.
- 50) Vademecum. Annuario dei dati ambientali. Atmosfera. 2007.
- 51) W.J.A Mol, P.R. van Hooydonk and F.A.A.M. de Leeuw. European exchange of monitoring information and state of the air quality in 2006. ETC/ACC Technical paper 2008/1. The Netherlands, AH Bilthoven, June 2008.
- 52) Wang L, Pinkerton KE. Air pollutant effects on fetal and early postnatal development. Birth Defects Res C Embryo Today. 2007 Sep; 81 (3): 144-54.
- 53) WHO Regional Office for Europe. Air quality guidelines for Europe. Benzene. Copenhagen, 1987; 23: 45-48.
- 54) World Health Organization. Air Quality Guidelines Global Update 2005. WHO Regional Office for Europe, Druckpartner Moser, Germany, 2006.
- 55) World Health Organization. Air Quality Guidelines Global Update 2005. WHO Regional Office for Europe, Druckpartner Moser, Germany, 2006.
- 56) World Health Organization. Quantification of the health effects of exposure to air pollution. Report on a WHO Working Group, Bilthoven, Netherlands, 20-22 November 2000. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe, 2001 (document EUR/01/5026342).
- 57) Yang IA, Fong KM, Zimmerman PV, Holgate ST, Holloway JW. Genetic susceptibility to the respiratory effects of air pollution. Thorax. 2008 Jun; 63 (6): 555-63.

Stazioni di rilevamento della qualità dell'aria

Significato. Gli indicatori atti a valutare le emissioni di sostanze inquinanti, la loro distribuzione ed evoluzione temporale (indicatori di pressione e di esposizione) e lo stato dell'ambiente atmosferico (Indicatori di stato o di carenza) derivano dalla necessità di un sistema di rilevazione dei dati ambientali in grado di permettere, in un'ottica di valutazione integrata, anche sovranazionale, dello stato della qualità ambientale, la riduzione o l'eliminazione degli agenti inquinanti.

Attualmente, la normativa sulla qualità dell'aria prevede due flussi dei dati derivanti dal monitoraggio (dal livello locale e/o nazionale a quello europeo):

- uno con mere finalità informative, i cui criteri di classificazione sono fissati, a livello europeo, in base

alle Decisioni 97/101/EC (*Exchange of Information-EoI*) e 2001/752/EC per l'annesso tecnico;

- l'altro con caratteristiche specifiche al fine di accertare il rispetto dei valori limite della qualità dell'aria (D. Lgs. 351/99, DM 60/2002 e D. Lgs. 183/2004).

Le "Stazioni di rilevamento della qualità dell'aria sul territorio" rappresentano un indicatore di stato, ovvero di carenza. Tale classificazione suddivide le stazioni per tipo (traffico, industriale, fondo o *background*, ignota) e per zona (urbana, suburbana, rurale ed ignota), coerentemente con il database europeo AIRBASE ed il *Data Exchange Module* (DEM), entrambi messi a punto dallo *European Topic Centre Air and Climate Change* (ETC-ACC) della Agenzia Europea dell'Ambiente.

Percentuale delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria

$$\frac{\text{Numeratore}}{\text{Denominatore}} \times 100 = \frac{\text{Numero di stazioni presenti}}{\text{Totale delle stazioni}} \times 100$$

Validità e limiti. I dati relativi all'indicatore "Stazioni di rilevamento della qualità dell'aria" sono sufficientemente affidabili, descrivendo un quadro puntuale della situazione nazionale per il problema inquinamento atmosferico. L'accuratezza, la precisione e la comparabilità spaziale e temporale dei dati che derivano dalle stazioni, in conseguenza dell'indisponibilità di questi per tutte le province e regioni, possono risultare insufficienti in considerazione: 1) della complessità dei processi di garanzia e controllo di qualità necessari per la certificazione delle reti di rilevamento; 2) della disomogeneità di distribuzione delle stazioni, per numero e tipo, nelle diverse regioni. Diverse stazioni di rilevamento derivano dalla gestione dell'ENEL e sono parte integrante del sistema locale di analisi del livello di emissioni atmosferiche derivanti dalle centrali di produzione dell'energia.

Valore di riferimento/Benchmark. Il numero e la tipologia delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria sono indicati, in funzione del territorio, della popolazione potenzialmente esposta e del tipo di inquinante, dalla direttiva quadro 96/62/CE e dalle direttive figlie 1999/30/EC (per NO_x, SO₂, Pb, PM₁₀) e 2000/69/EC (per CO e benzene) recepite dall'Italia con il DM 60 del 2/4/2002 e dalla direttiva 2002/3/EC (per l'Ozono). Nella successiva tabella sono 'stimate' in relazione al solo valore della popolazione potenzialmente esposta in agglomerati urbani considerando le stazioni di Valore di Riferimento/Benchmark dotate di tutti gli analizzatori. L'attuale media percentuale di stazioni di rilevamento presenti in Italia (calcolata sul

totale assoluto) è del 5,0%. Un'analisi dei valori assoluti di stazioni di rilevazione dichiarate all'interno dell'EoI per i differenti Paesi appartenenti all'EU a 27 trova l'Italia al quarto posto dopo Francia, Germania e Spagna, sebbene vi sia il limite di non poter rapportare questo valore assoluto all'entità della superficie territoriale e, quindi, alla densità distributiva delle centrali di rilevazione.

Descrizione dei risultati

Il numero delle stazioni utilizzate in ambito EoI ha avuto un incremento in Italia di circa il 23% nel 2006 rispetto al 2005, definendo un trend, sebbene lento, in costante aumento: 332 stazioni nel 2003, 359 nel 2004, 432 nel 2005, 533 nel 2006. L'aumento ha riguardato prevalentemente le stazioni di rilevazione dell'inquinamento da traffico (51%) e in misura minore quelle di fondo (22%) e le industriali (12%). Per il 15% delle stazioni la tipologia non è definita.

Una prima analisi delle stazioni di rilevamento, che abbiano comunicato i dati di qualità dell'aria in formato EoI nelle varie regioni, indica una disomogeneità della loro distribuzione sul territorio nazionale, sebbene una suddivisione netta Nord-Sud, come negli scorsi anni, non sembrerebbe essere più presente. La gran parte delle stazioni di monitoraggio è distribuita comunque al Nord: dal 2005 al 2006 nel Nord-Ovest la situazione è pressoché invariata e pari al 27% del totale, nel Nord-Est il numero di stazioni diminuisce dal 30% al 22%. Al Centro il numero di stazioni passa dal 13% al 14%, mentre nell'Italia meridionale e insulare il numero di stazioni sale dal 30% al 37%. Nove regio-

ni (in particolare, nell'ordine, 5 nel Nord: Lombardia, Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Liguria e Piemonte; 1 al Centro: Lazio e 3 al Sud e Isole: Sicilia, Sardegna e Puglia) possiedono all'anno 2006 un numero di postazioni di misura superiore alla media percentuale italiana ed in valore assoluto maggiore rispetto a quanto indicato, quale requisito minimo, nella Direttiva 96/62. Di queste, la Sicilia è la regione con il maggiore numero in Italia di stazioni di rilevamento (73 nel 2006 rispetto a 42 nel 2005 con una percentuale del 13,7% di tutte le stazioni sul territorio nazionale), seguita dalla Lombardia (69 con il 12,9%) e dalla Sardegna (48 con il 9,0%), con un passo in avanti notevole rispetto agli anni passati, sebbene non sempre tutte le stazioni dichiarate siano risultate efficienti ed in grado di dare copertura territoriale di monitoraggio. Tra queste regioni Emilia-Romagna (da 56 nel 2005 a 47 nel 2006) e Puglia (da 36 a 35 nel 2006) hanno decrementato il numero di stazioni di rilevamento utili alla indicizzazione EoI.

Tutte le altre regioni hanno un valore inferiore alla media nazionale di stazioni di rilevamento sul proprio territorio. Spiccano in tal senso alcune regioni del Nord (Trentino-Alto Adige e Veneto che hanno addi-

rittura ridotto il numero di stazioni dal 2005 al 2006), anche se tutte le altre regioni, in particolare al Sud, hanno finalmente attivato alcune stazioni di rilevamento. Ciò vale prima di tutto per Calabria (da 1 nel 2005 a 3 nel 2006, 0,6% nazionale) e Molise (da 0 a 2 nel 2006, 0,4% nazionale), ma anche e soprattutto per Toscana e Campania (quest'ultima con un numero di stazioni pari alla Toscana ma appena adeguato all'estensione territoriale), nonché per Marche, Valle d'Aosta, Umbria e Basilicata che hanno nel 2006 quasi raddoppiato od addirittura quadruplicato il numero di stazioni del 2005. A fronte, comunque, del nuovo impegno posto nella strutturazione di nuove stazioni di rilevamento, molte regioni (Molise, Calabria, Abruzzo, Basilicata, Umbria e Valle d'Aosta) avrebbero una copertura territoriale appena sufficiente per rispondere alle esigenze conoscitive sullo stato dell'ambiente come previsto in normativa. D'altra parte, un'analisi degli analizzatori presenti per ogni stazione di monitoraggio rende sempre più chiara l'esigenza di una riqualificazione delle stazioni di misura, spostando le priorità da alcuni inquinanti tradizionali (per esempio, il biossido di zolfo ed il piombo), in considerazione della loro supposta diminuzione in seguito

Tabella 1 - Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria e tipo di analizzatori per regione - Anni 2005, 2006

Regioni	2005 N	2006 N	2006 %	Valore di Riferimento/ Benchmark	SO ₂	PM ₁₀	O ₃	NO ₂	NO _x	CO	Pb	C ₆ H ₆	C ₆ H ₅ - -CH ₃	PM _{2,5}
Piemonte	17	29	5,4	17	11	22	21	28	0	21	0	12	0	2
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	4	10	1,9	1	3	4	5	8	8	3	1	1	1	1
Lombardia	61	69	12,9	37	30	40	30	64	63	44	0	12	8	8
Trentino-Alto Adige	25	23	4,3	4	6	18	19	20	6	12	0	3	3	6
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>15</i>	<i>14</i>												
<i>Trento</i>	<i>10</i>	<i>9</i>												
Veneto	12	11	2,1	19	8	9	8	11	11	8	0	2	0	0
Friuli-Venezia Giulia	37	38	7,1	6	30	15	21	27	27	19	0	9	0	0
Liguria	33	34	6,4	7	15	15	7	25	24	12	0	6	6	0
Emilia-Romagna	56	47	8,8	19	6	23	12	42	41	25	0	13	8	0
Toscana	13	18	3,4	18	6	8	11	10	10	8	0	4	4	3
Umbria	2	10	1,9	3	3	10	9	10	10	7	0	0	0	2
Marche	9	13	2,4	8	6	6	6	8	8	5	0	3	0	5
Lazio	33	33	6,2	21	24	12	14	33	33	20	0	5	5	0
Abruzzo	9	9	1,7	8	2	3	5	7	4	4	0	5	5	0
Molise	0	2	0,4	2	1	1	1	2	2	1	0	2	2	0
Campania	0	18	3,4	23	2	8	6	17	17	10	0	6	0	0
Puglia	36	35	6,6	16	33	18	8	35	0	14	0	6	0	0
Basilicata	6	10	1,9	3	8	10	5	8	0	10	0	6	0	0
Calabria	1	3	0,6	8	0	0	3	1	1	1	0	0	0	0
Sicilia	42	73	13,7	21	48	38	18	45	42	40	5	15	11	2
Sardegna	36	48	9,0	10	45	43	26	43	44	23	0	13	13	0
Italia	432	533	100	251	287	303	235	444	351	287	6	123	66	29

SO₂ = Biossido di Zolfo; PM₁₀ = Particolato con Diametro Inferiore a 10 µm; O₃ = Ozono; NO₂ = Biossido di Azoto; NO_x = Ossidi di Azoto; CO = Monossido di Carbonio; Pb = Piombo; C₆H₆ = Benzene; C₆H₅-CH₃ = VOCs ; PM_{2,5} = Particolato con Diametro Inferiore a 2,5 µm.

Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

ad un maggior controllo normativo e/o preventivo ed una riduzione della produzione e/o emissione da processi di combustione industriale e domestico, ad altri di rilevanza sanitaria ed ambientale sempre maggiore (PM₁₀, benzene, ed in particolare il PM_{2,5}), in forza della loro sospetta attività mutagena. Confrontando, per altro, il numero assoluto di analizzatori, l'incremento generalizzato per tutti gli inquinanti registrato negli ultimi due anni è particolarmente significativo per il PM₁₀ e per NO₂ e NO_x. Per quanto riguarda la tipologia delle stazioni, così come definita dalla normativa EoI, le stazioni da traffico sono in numero maggiore rispetto alle stazioni di fondo e alle stazioni industriali. Anche gli aumenti del numero di stazioni rilevati negli anni sino al 2006 ha riguardato le stazioni da traffico, in particolare quelle urbane, rispetto alle altre due tipologie. Da notare la distribu-

zione e numero assoluto delle stazioni atte a misurare il PM_{2,5} come indicato dalle recenti Direttive e norme, stante la maggiore suscettibilità al particolato fine degli individui e dell'ecosfera in generale. Al 2006 solo 8 regioni su 20 sono dotate di questa tipologia di stazioni, per un totale di sole 29 stazioni: Lombardia (8), Trentino-Alto Adige (6), Marche (5), Toscana (3), Piemonte, Umbria e Sicilia (2), Valle d'Aosta (1). In relazione a questi parametri diverse regioni, nonostante i progressi finalmente attuati, sembrerebbero non avere una sufficiente capacità di analisi territoriale del rischio derivante da inquinanti potenzialmente ad alto grado di pericolosità per la salute della popolazione. Ciò spiegherebbe anche l'esiguità degli studi di campagna o la scarsa significatività di questi quando eseguiti.

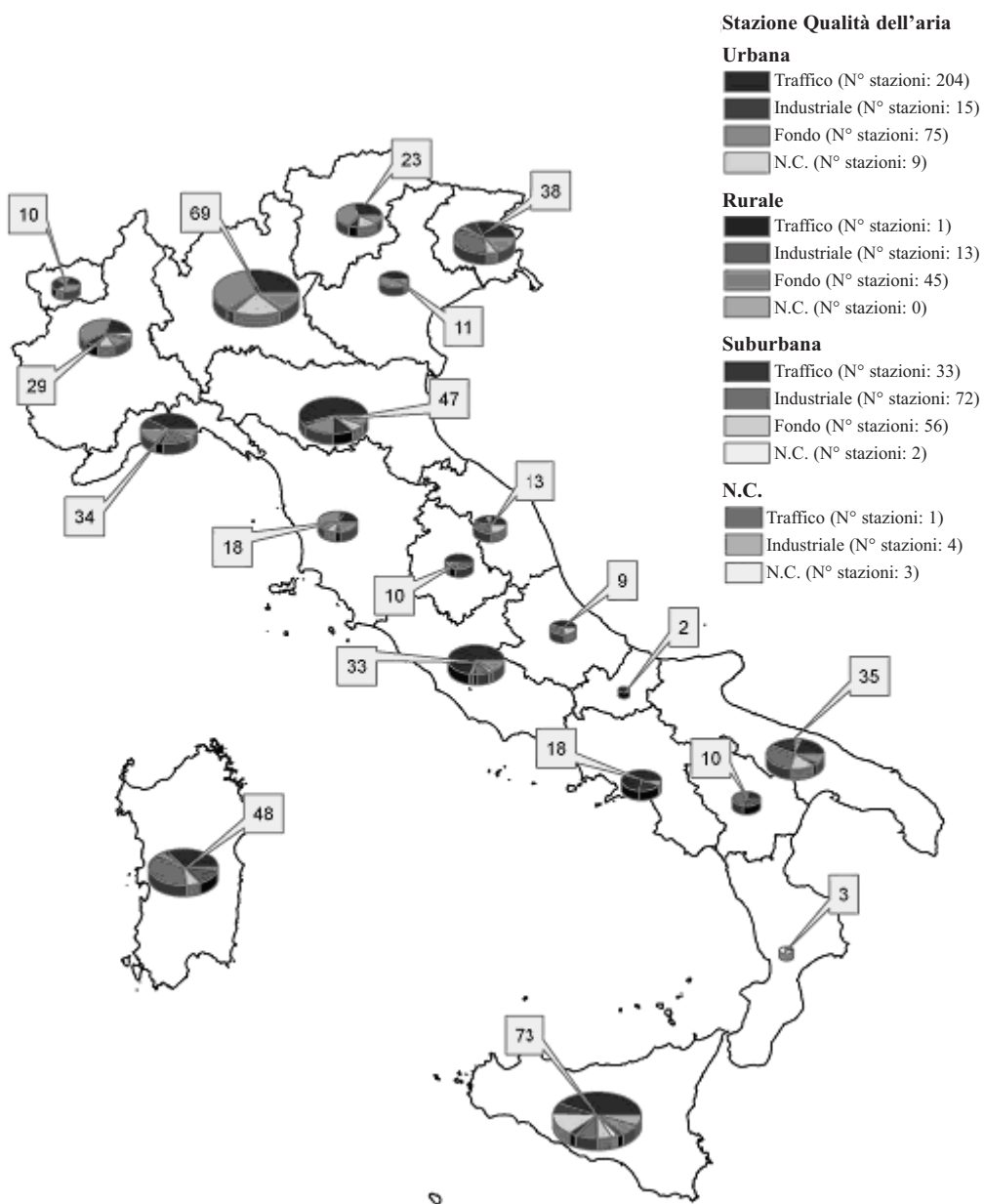
Tabella 2 - Stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria e tipo di analizzatori per Paesi Europei (EU 27) - Anno 2006

Paesi Europei	SO ₂	PM ₁₀	O ₃	NO ₂	NO _x	CO	Pb	C ₆ H ₆	C ₆ H ₅ -CH ₃	PM _{2,5}
Austria	115	111	114	147	147	40	14	23	2	6
Belgio	61	47	39	67	67	17	25	36	n.d.	12
Bulgaria	15	37	13	14	14	13	19	12	5	4
Cipro	1	2	2	1	1	1	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Danimarca	5	11	9	12	12	7	n.d.	2	2	4
Estonia	7	4	7	7	7	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Finlandia	11	31	17	31	31	7	n.d.	n.d.	n.d.	7
Francia	361	380	466	524	n.d.	100	n.d.	n.d.	n.d.	6n.d.
Germania	257	447	301	473	435	170	n.d.	133	71	32
Grecia	12	12	21	23	n.d.	9	n.d.	1	n.d.	n.d.
Inghilterra	78	74	92	114	114	80	29	41	9	7
Irlanda	11	17	10	12	12	6	8	4	1	n.d.
Italia	287	303	235	444	351	287	6	123	66	29
Lettonia	6	3	6	7	1	1	4	4	n.d.	n.d.
Lituania	12	12	13	15	12	8	7	4	n.d.	n.d.
Lussemburgo	6	3	6	6	6	3	n.d.	n.d.	n.d.	1
Malta	4	4	5	4	4	4	2	3	3	2
Olanda	35	39	38	51	44	22	4	8	8	n.d.
Polonia	144	157	56	144	88	57	26	21	2	4
Portogallo	47	52	50	63	62	42	n.d.	9	n.d.	18
Repubblica Ceca	89	119	60	92	92	32	25	26	n.d.	29
Romania	31	29	26	35	31	22	15	9	5	2
Slovacchia	26	27	18	27	27	12	20	10	n.d.	3
Slovenia	22	10	11	10	10	5	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Spagna	400	372	374	405	401	200	43	62	n.d.	71
Svezia	9	30	15	28	7	4	n.d.	9	n.d.	9
Ungheria	24	24	17	24	23	20	n.d.	11	n.d.	3
Total EU-27 countries	2.076	2.357	2.021	2.780	1.999	1.174	247	551	174	303

n.d. = non disponibile

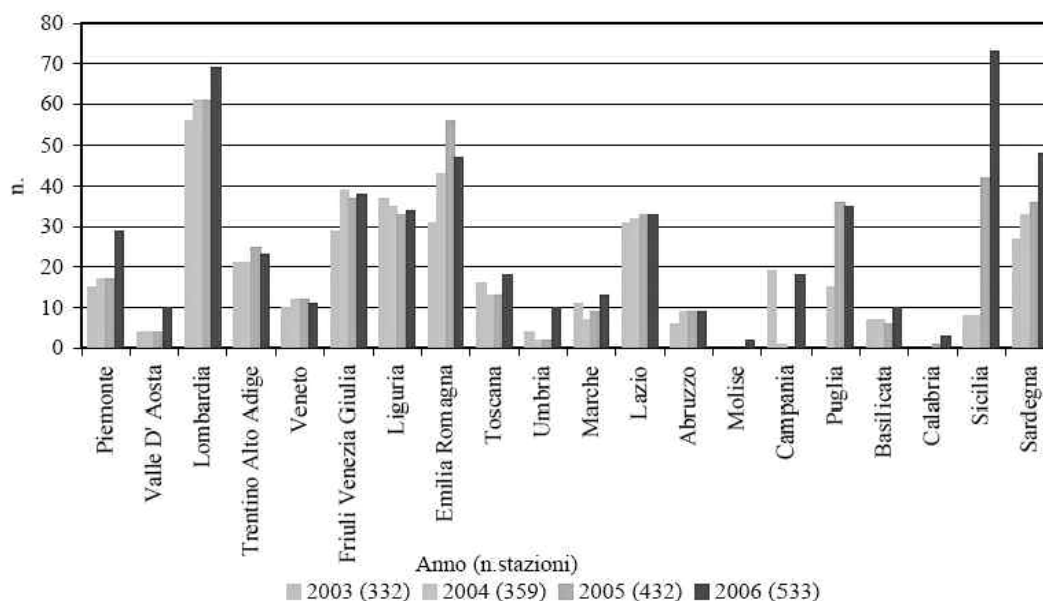
Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT, Sistema Agenziale ARPA/APPA, Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Grafico 1 - Numero di stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per regione, tipo di zona e di stazione – Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Grafico 2 - Numero di stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per regione - Anni 2003-2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Raccomandazioni di Osservasalute

La conoscenza di un fenomeno (stato dell'inquinamento atmosferico) è fondamentale per una corretta analisi dei rischi da esso derivanti e può essere conseguita solo utilizzando strumenti conoscitivi consolidati, confrontabili, affidabili, nonché facilmente comprensibili che permettano la formulazione di dati ambientali, "real time" e condivisi, utilizzabili dalle Amministrazioni per le opportune politiche di controllo, gestione e risanamento. La disomogeneità della distribuzione delle stazioni di

monitoraggio esistente sul territorio e la parziale esistenza di un sistema armonizzato di produzione, raccolta e diffusione delle informazioni configurano l'indicatore in oggetto non come un "indicatore di stato" quanto di "carenza" ed esprimono l'esigenza di un maggiore ed appropriato intervento coordinato degli Enti preposti, con lo scopo di garantire la prevenzione, la riduzione o l'eliminazione degli agenti inquinanti, in un'ottica di valutazione integrata dello stato dell'ambiente.

Inquinamento da Biossido di Azoto (NO₂) e da Biossido di Zolfo (SO₂)

Significato. Gli inquinanti oggetto degli indicatori in studio per la “qualità dell’aria” sono analizzati attraverso le specifiche stazioni di rilevamento distribuite in modo disomogeneo per territorio coperto e per tipologia di sostanze monitorate, in tutte le regioni (indicatori di stato o di carenza). L’esame degli indicatori dovrebbe consentire di tracciare un quadro della situazione relativa agli inquinanti atmosferici urbani (particolato di diametro inferiore a 10 µm e benzene), alle emissioni acide (biossidi di azoto e di zolfo), all’esposizione della popolazione e degli ecosistemi ad agenti nocivi (ozono e, indirettamente, gas serra).

Mentre in seguito si approfondiranno, in forza della loro sempre maggiore importanza ai fini dell’inquinamento atmosferico, gli indicatori relativi al particolato PM₁₀, al benzene ed all’ozono, in questa parte saranno tracciati aspetti legati ad altri indicatori ambientali atmosferici quali NO₂ o biossido di azoto e SO₂ o biossido di zolfo.

Il biossido di azoto (NO₂) è un gas di colore bruno-rossastro, scarsamente solubile in acqua, altamente irritante e tossico, dall’odore forte e pungente. Il biossido d’azoto in aria è un inquinante prevalentemente di derivazione secondaria per ossidazione del monossido di azoto (NO) in atmosfera; solo in proporzione minore viene emesso direttamente in atmosfera. La principale sorgente di emissione di ossidi di azoto (NO_x = NO + NO₂) è il traffico veicolare oltre agli impianti di riscaldamento civili e industriali, le centrali per la produzione di energia ed un insieme di processi industriali differenziati. Il biossido di azoto è un inquinante ad ampia diffusione che non presenta specifiche condizioni di localizzazione, presenta variabili effetti sulla salute umana e, con il monossido di azoto, contribuisce a differenti fenomeni atmosferici e marini quali: smog fotochimica, piogge acide ed eutrofizzazione. Il NO₂ in atmosfera misurato nelle stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale e raccolto dall’Agenzia per la Protezione dell’Ambiente nell’am-

bito delle procedure di scambio di informazioni (*Exchange of Information*, EoI) previste dalle Decisioni 97/101/CE e 2001/752/CE, è qui descritto in funzione del numero di stazioni utili alla rilevazione e per il numero di stazioni/giorno di superamento del limite di norma. In particolare, inoltre, per la verifica del rispetto dei valori limite per la protezione della salute umana stabiliti dalla normativa vigente in tema di valutazione e gestione della qualità dell’aria ambiente (D. Lgs. 351/1999 e DM 60/2002).

Il biossido di zolfo (SO₂) è anch’esso un gas però, a differenza del NO₂, è incolore, molto solubile in acqua e dall’odore acre e pungente. L’SO₂, a differenza dell’NO₂, è un inquinante primario che, una volta immesso in atmosfera, vi risiede inalterato per giorni e può essere trasportato a grandi distanze anche in abito transfrontaliero. Inoltre, genera inquinamento di tipo vario quale: deposizioni acide, secche e umide ovvero PM secondario. Le principali fonti di SO₂ sono gli impianti di produzione di energia, gli impianti termici di riscaldamento civile ed alcuni processi industriali. In modo minore risultano incidere sul carico atmosferico le emissioni derivanti dal traffico veicolare, con particolare riferimento ai motori diesel, sebbene sempre maggiori sistemi antinquinamento intervengono a mitigare le emissioni da questa fonte. Anche per l’SO₂, basandosi sui dati di concentrazione misurati nelle stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale e raccolti, nell’ambito delle procedure di scambio di informazioni (*Exchange of Information*, EoI) è qui descritto in funzione del numero di stazioni utili alla rilevazione e per il numero di stazioni/giorno di superamento del limite di norma in particolare, inoltre, per la verifica del rispetto dei valori limite per la protezione della salute umana stabiliti dalla normativa vigente in tema di valutazione e gestione della qualità dell’aria ambiente (D. Lgs. 351/1999 e DM 60/2002).

Percentuale di stazioni che superano il valore limite

$$\frac{\text{Numeratore} \quad \text{Stazioni con superamento del limite}}{\text{Denominatore} \quad \text{Totale stazioni atte a rilevare l'inquinante}} \times 100$$

Validità e limiti. L’attuale evoluzione e complessità delle procedure di garanzia e controllo di qualità delle centrali e delle reti di rilevamento non permette, nella fase attuale, un giudizio univoco ed uniforme sugli indicatori utilizzati.

La disomogeneità della distribuzione territoriale nelle diverse regioni, i differenti metodi e strumenti talora impiegati per le analisi (Direttiva quadro 96/62/CE,

recepita con il D. Lgs. n. 351 del 4/08/1999), la mancata comunicazione dei dati di alcune centrali di rilevamento (talora con ritardo di due anni rispetto alla rilevazione) possono rendere meno accurati, comparabili ed affidabili i risultati posti in analisi.

Il presente indicatore si basa sui dati di concentrazione degli inquinanti in atmosfera, misurati nelle stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio nazionale e

raccolti dall'APAT nell'ambito delle procedure sullo scambio di informazioni (EoI) previste dalle Decisioni 97/101/CE e 2001/752/CE. I dati sono stati utilizzati, inoltre, per la verifica del rispetto del valore limite per la protezione della salute umana stabilito dalla normativa vigente in tema di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente (D. Lgs. 351/1999 e DM 60/2002).

Per il NO₂ il dato dell'indicatore è riferito, al 2006, a tutte le 20 regioni. La verifica del rispetto dei valori limite è stata effettuata solo per le stazioni che hanno fornito serie di dati con una copertura temporale pari almeno al 75% del totale. Tale criterio, in accordo alla normativa EoI, ma meno stringente di quanto previsto dal DM 60/2002, è stato scelto dall'APAT in quanto dovrebbe garantire un'adeguata copertura temporale insieme a una sufficiente rappresentatività del territorio nazionale. Per l'SO₂ i dati dell'indicatore si riferiscono al 2006 e sono relativi a 19 regioni su 20. Il valore medio è calcolato per le stazioni di monitoraggio con almeno il 50% dei dati validi nell'anno di riferimento (copertura temporale minima); la verifica del rispetto dei valori limite è stata effettuata, anche per l'SO₂, considerando solo le stazioni che hanno fornito serie di dati con una copertura temporale pari almeno al 75% del totale, considerando valide le considerazioni effettuate per l'NO₂.

Valore di riferimento/Benchmark. Il DM 60 del 2/4/2002 fissa dei limiti per il NO₂ che entreranno in vigore nel 2010, mentre in forma transitoria stabilisce i seguenti limiti che al 2006 sono dati dal valore limite aumentato del margine di tolleranza, ovvero:

- valore limite orario, con periodo di mediazione di 1 ora, di 240 µg/m³ di NO₂ da non superare più di 18 volte (ore) per anno civile (nel 2010 il limite sarà di 200 µg/m³ di NO₂);

- valore limite annuale, con periodo di mediazione compreso nell'anno civile, di 48 µg/m³ di NO₂ (nel 2010 il limite sarà di 40 µg/m³ di NO₂).

Per l'SO₂, il D. Lgs. 351/1999 ed il DM 60/2002 stabiliscono gli obiettivi (valutare la qualità dell'aria ambiente per consentirne la successiva gestione attraverso la verifica del rispetto dei valori limite stabiliti) ed i valori limite di concentrazione del SO₂ nell'aria ambiente, stabiliti dal DM 60/2002 ed entrati in vigore nel 2005:

- valore limite orario, con periodo di mediazione di 1 ora, di 350 µg/m³ di SO₂ da non superare più di 24 volte (ore) per anno civile;

- valore limite giornaliero, con periodo di mediazione di 24 ore, di 125 µg/m³ di SO₂ da non superare più di 3 volte (giorni) per anno civile.

Descrizione dei risultati

Nel 2006 lo scambio di informazioni EoI per l'NO₂ ha riguardato la totalità delle regioni (20) per un totale di

444 stazioni (355 nel 2005), di cui 391 stazioni (311 nel 2005) ovvero l'88,1% del totale (87,6% nel 2005) hanno fornito dati la cui serie avesse copertura temporale di almeno il 75%. È interessante notare come vi sia un chiaro trend in aumento sia nel numero di stazioni disponibili per il monitoraggio di NO₂ sia nel numero di stazioni che siano reclutabili per l'EoI: nel 2002 erano 210 stazioni 225 nel 2003, 254 nel 2004, 311 nel 2005 ed, infine, 391 nel 2006. Questo dovrebbe testimoniare un apparente miglioramento nelle attività di monitoraggio e nella raccolta delle informazioni dal livello locale a quello nazionale. Il valore limite orario aumentato del margine di tolleranza (2006) è rispettato in 382 stazioni (97,7%) nel 2006, mentre il valore limite annuale aumentato del margine di tolleranza è rispettato in 287 stazioni (73,4%) nel 2006. Rispettivamente, 355 stazioni (90,8%) rispettano il valore limite orario che entrerà in vigore nel 2010, mentre il valore limite annuale (2010) è rispettato in 221 stazioni (56,6%).

In 27 stazioni (6,9%) è superato il valore limite orario, ma è rispettato il valore limite orario aumentato del margine di tolleranza. Inoltre, in 9 stazioni (2,3%) è superato il valore orario aumentato del margine di tolleranza. Facendo però riferimento ai valori rilevati nel 2005, dove il valore limite orario aumentato del margine di tolleranza era rispettato in 310 stazioni, ovvero nel 99,7% del totale, sembrerebbe evidente che la riduzione del margine di tolleranza nel 2006 ha generato una restrizione delle località con buone condizioni della qualità dell'aria per il NO₂. A questo dato dovrebbe essere aggiunta però la considerazione che le stazioni di rilevazione che abbiano rispettato il limite nel 2006 sono 382 e, quindi, sono aumentate di ben 72 unità rispetto al 2005 (18,9%). Ciò considerato, si potrebbe definire che secondo questo parametro la qualità dell'aria è migliorata nella globalità delle stazioni di rilevamento.

In 221 stazioni di monitoraggio nel 2006 (56,6%) è rispettato il valore limite annuale. In 66 stazioni di queste (16,8%) è stato superato il valore limite annuale, ma rispettato il valore limite annuale aumentato del margine di tolleranza. Nelle restanti 104 stazioni (26,6%) è stato superato il valore limite annuale aumentato del margine di tolleranza. Quindi, il valore limite annuale aumentato del margine di tolleranza è stato rispettato in 287 stazioni (73,4%) nel 2006, ed è possibile effettuare le stesse considerazioni già svolte per il precedente limite. I dati significativi per l'indicatore sono stati eseguiti su 383 stazioni, in modo da rispettare tutti i parametri EoI attinenti all'indicatore stesso.

I valori sono, comunque, influenzati dalla disomogeneità delle stazioni di rilevamento (in special modo nel Centro-Sud, dove molte delle stazioni o non sono utili per l'EoI oppure non hanno copertura temporale sufficiente per la validità dei dati) disposte sul territorio.

Così, apparentemente, è di maggiore entità il superamento dei limiti normativi nelle stazioni disposte nel Nord rispetto al Centro ed al Sud ed alle Isole, ma con evidente assenza di molti dei dati derivanti proprio dalle regioni sudinsulari. Ovviamente, vi sono eccellenti eccezioni in tutte le zone peninsulari. Considerando il limite annuale si può notare come sia superato prevalentemente in 5 stazioni: della Lombardia, Liguria, Emilia-Romagna al Nord; Lazio al Centro; Sicilia al Sud e Isole. Viceversa il superamento del limite orario è presente, per l'attuale limite, solo in 3 regioni nel Nord: Piemonte, Lombardia e Friuli-Venezia Giulia. È interessante come la sola Lombardia abbia un superamento dei limiti sia per l'ambito orario che per la media annuale, ma ciò può essere anche correlato alla maggiore entità di stazioni di rilevamento utili alla rilevazione ambientale presenti nella regione e conseguentemente all'aumentata probabilità di rilevare l'evento. Da porre in risalto come alcune regioni siano ben rappresentate nel numero di stazioni utili per l'EoI: Lombardia, Sicilia, Puglia, Lazio, Piemonte e Friuli-Venezia Giulia con più di 25 stazioni e conseguentemente un'ottimale ripartizione per abitante. Al contrario, fanalini di coda sono la Calabria (1 sola stazione!), il Molise (2) e le Marche (4) che a fronte della loro estensione territoriale, hanno un numero di stazioni utili per l'EoI chiaramente insufficiente per stabilire le condizioni di esposizione della popolazione regionale. In realtà, si deve notare che la maggior parte delle stazioni regionali (se non la totalità) presentano una disposizione territoriale prevalentemente urbana od in zona industriale e, quindi, legate alle sorgenti di traffico autoveicolare ovvero di processo industriale. Se da una parte ciò corrisponde all'esigenza di buona parte della collettività e della normativa, dall'altra contrasta con l'esigenza epidemiologica di dimostrare una correlazione tra inquinamento ed effetti sulla salute acuti e/o cronici.

Per l' SO_2 , nel 2006 lo scambio di informazioni EoI ha riguardato 19 regioni su 20 (17 su 20 nel 2005) per un totale di 287 stazioni (266 nel 2005), di cui 246 stazioni (222 nel 2005) ovvero l'85,7% del totale (83,4% nel 2005) hanno fornito dati la cui serie avesse copertura temporale di almeno il 75% (Tabella 1). È interessante notare come vi sia un chiaro trend in aumento sia nel numero di stazioni disponibili per il monitoraggio dell' SO_2 sia nel numero di stazioni che siano reclutabili per l'EoI: nel 2002 erano 68 stazioni, 150 nel 2003, 173 nel 2004, 222 nel 2005 ed, infine, 246 nel 2006. Come per l' NO_2 , questo trend dovrebbe testimoniare un apparente miglioramento nelle attività di monitoraggio e nella raccolta delle informazioni dal livello locale a quello nazionale. Il valore limite orario è rispettato in 242 stazioni nel 2006 (98,4%, dato migliore che per l' NO_2 , ovvero solo 4 stazioni non l'hanno rispettato, ma inferiore al 2005 quando il limi-

te orario è stato rispettato in 219 stazioni, cioè nel 98,6% del totale; è bene notare però la differenza nel numero totale di stazioni considerate), mentre il valore limite giornaliero è rispettato in 244 stazioni (99,2%, dato anche in questo caso migliore che per l' NO_2 , ovvero solo 2 stazioni non l'hanno rispettato e migliore anche del 2005 nonostante che le stazioni fossero solo 218 cioè nel 98,2% dei casi).

È bene ribadire che la differenza tra il numero di stazioni considerate per l'EoI dal 2005 (222) al 2006 (245) è di 23 unità (9,4%) in più nel 2006. Considerando questo, si potrebbe definire che, in funzione di questo parametro, la qualità dell'aria è migliorata nella globalità delle stazioni di rilevamento. I dati significativi per l'indicatore sono stati eseguiti su 226 stazioni, in modo da rispettare tutti i parametri EoI attinenti all'indicatore stesso. La maggior parte delle stazioni non presenta superamenti dei limiti sia orari che giornalieri, considerando che solo 2 di esse presentano un numero di stazioni con superamenti oltre i limiti previsti: la Sardegna (ben 2 stazioni con superamento del limite su 3 considerate nell'EoI) e la Sicilia (1 stazione con superamento orario e 2 con superamento giornaliero, di tipo industriale in zona suburbana a Messina, su 47 totali). Ad un'osservazione superficiale sembrerebbe apparentemente che solo nelle Isole si abbia il problema dell'eccesso di SO_2 in atmosfera. In realtà doverose considerazioni debbono essere fatte.

In una forma di classificazione delle regioni che presentano a decrescere il maggiore numero di stazioni utili per l'EoI del SO_2 , si deve osservare che è proprio la Sicilia ha il maggior numero di stazioni (47) seguita dalla Puglia (33), dalla Lombardia (30), dal Friuli-Venezia Giulia (26) ed il Lazio (23). Per quanto già detto a proposito del NO_2 è possibile ipotizzare, in conseguenza del maggior numero di stazioni, che una delle cause di positività sta anche nella maggiore probabilità di avere stazioni nei pressi di sorgenti a rischio a differenza di regioni in cui il numero delle stazioni sia nettamente inferiore (Abruzzo, Basilicata, Umbria, Trentino-Alto Adige e Valle d'Aosta) ed in cui si potrebbe avere una sottostima del fenomeno (centraline di rilevamento posizionate in zone a minore emissione). Ovviamente, discorso a parte meritano quelle regioni che non hanno stazioni di rilevamento utili per l'EoI come le Marche, la Campania e la Calabria ovvero il Molise, sebbene una stazione l'abbia, ma questa non ha raggiunto la copertura temporale necessaria. Infine, è singolare la situazione al 2006 della Sardegna, in cui a fronte di ben 45 stazioni presenti sul territorio insulare, solo 3 sono utili all'EoI e di queste, come detto, ben 2 (ambedue in zone industriali suburbane a Cagliari) sono con superamento dei limiti. Infine, è utile riaffermare come spesso lo scostamento percentuale oltre il limite sia un fattore importante di impatto sugli ecosistemi e sulla popolazione.

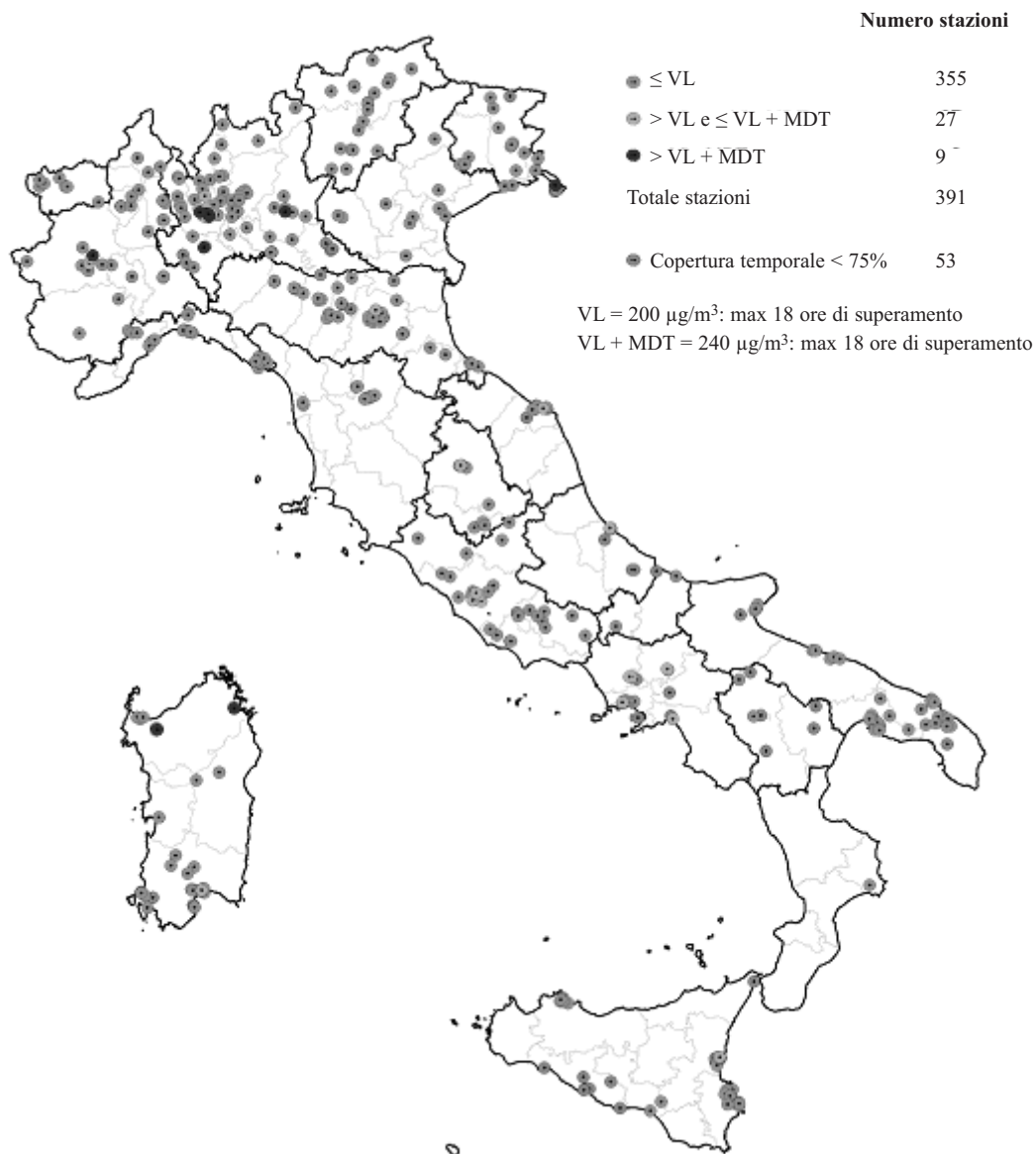
Tabella 1 - Numero di stazioni per l'EoI, numero di stazioni che hanno superato il valore limite orario e annuale aumentati del margine di tolleranza per regione e inquinante - Anno 2006

Regioni	Stazioni EoI	NO ₂		N. Stazioni EoI	SO ₂	
		Stazioni con superamento limite orario di 240 µg/m ³	Stazioni con superamento limite annuale di 48 µg/m ³		Stazioni con superamento limite orario di 350 µg/m ³	Stazioni con superamento limite giornaliero di 125 µg/m ³
Piemonte	28	1	4	11	0	0
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	8	0	0	3	0	0
Lombardia	63	5	22	30	0	0
Trentino-Alto Adige	17	0	3	4	0	0
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>11</i>	<i>0</i>	<i>2</i>	<i>1</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
<i>Trento</i>	<i>6</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>3</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Veneto	11	0	3	8	0	0
Friuli-Venezia Giulia	25	1	4	26	0	0
Liguria	24	0	10	14	0	0
Emilia-Romagna	24	0	11	3	0	0
Toscana	10	0	1	6	0	0
Umbria	8	0	1	3	0	0
Marche	4	0	1	0	n.d.	n.d.
Lazio	32	0	16	23	0	0
Abruzzo	7	0	2	2	0	0
Molise	2	0	0	1	n.d.	n.d.
Campania	14	0	8	0	n.d.	n.d.
Puglia	35	0	3	33	0	0
Basilicata	5	0	0	5	0	0
Calabria	1	0	0	0	n.d.	n.d.
Sicilia	44	0	11	47	1	2
Sardegna	4	0	0	3	2	2
Italia	383	7	103	226	3	4

n.d. = non disponibile.

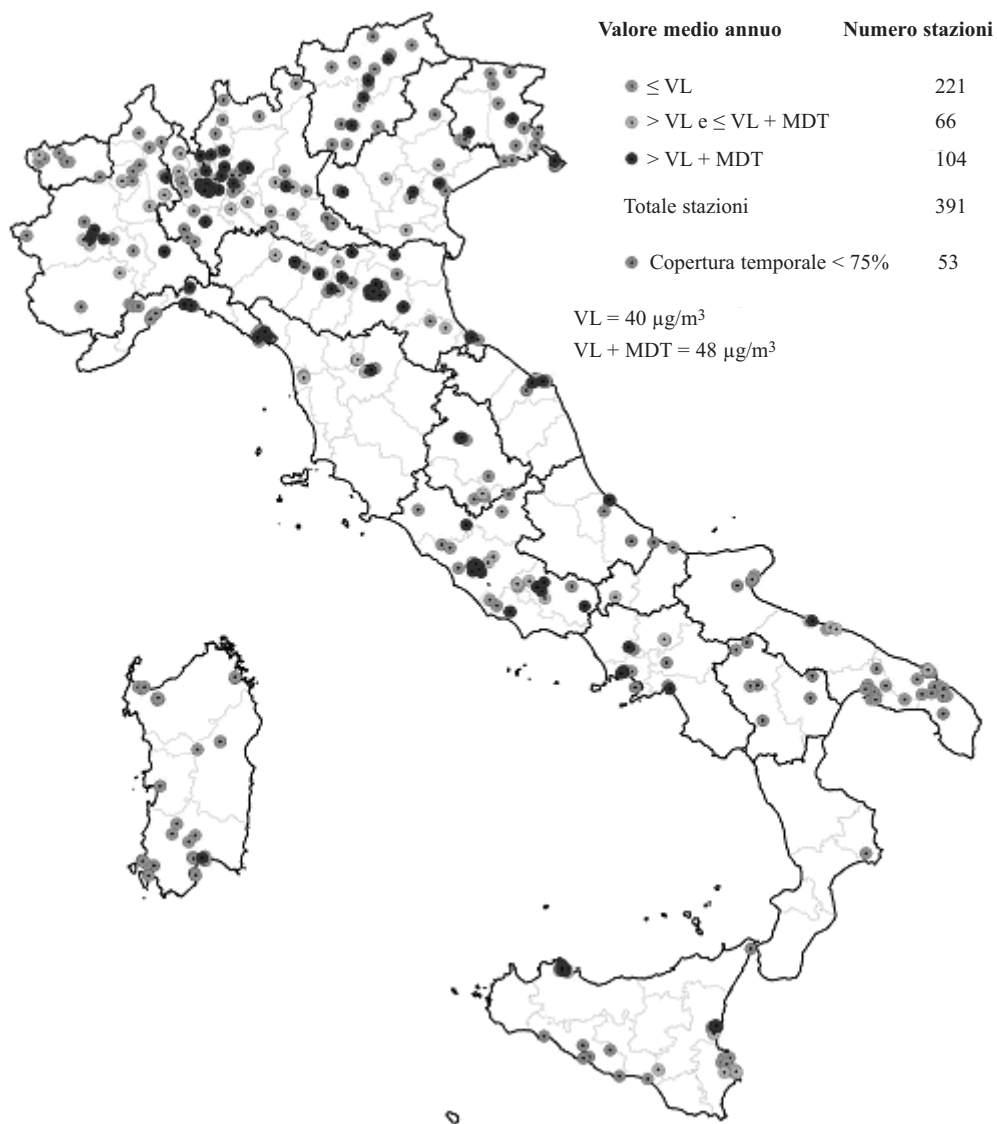
NO₂ = Biossido di Azoto; SO₂ = Biossido di Zolfo.**Fonte dei dati e anno di riferimento:** APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Grafico 1 - Numero di stazioni per l'EoI e numero di stazioni che hanno superato il valore limite orario di NO_2 per regione - Anno 2006



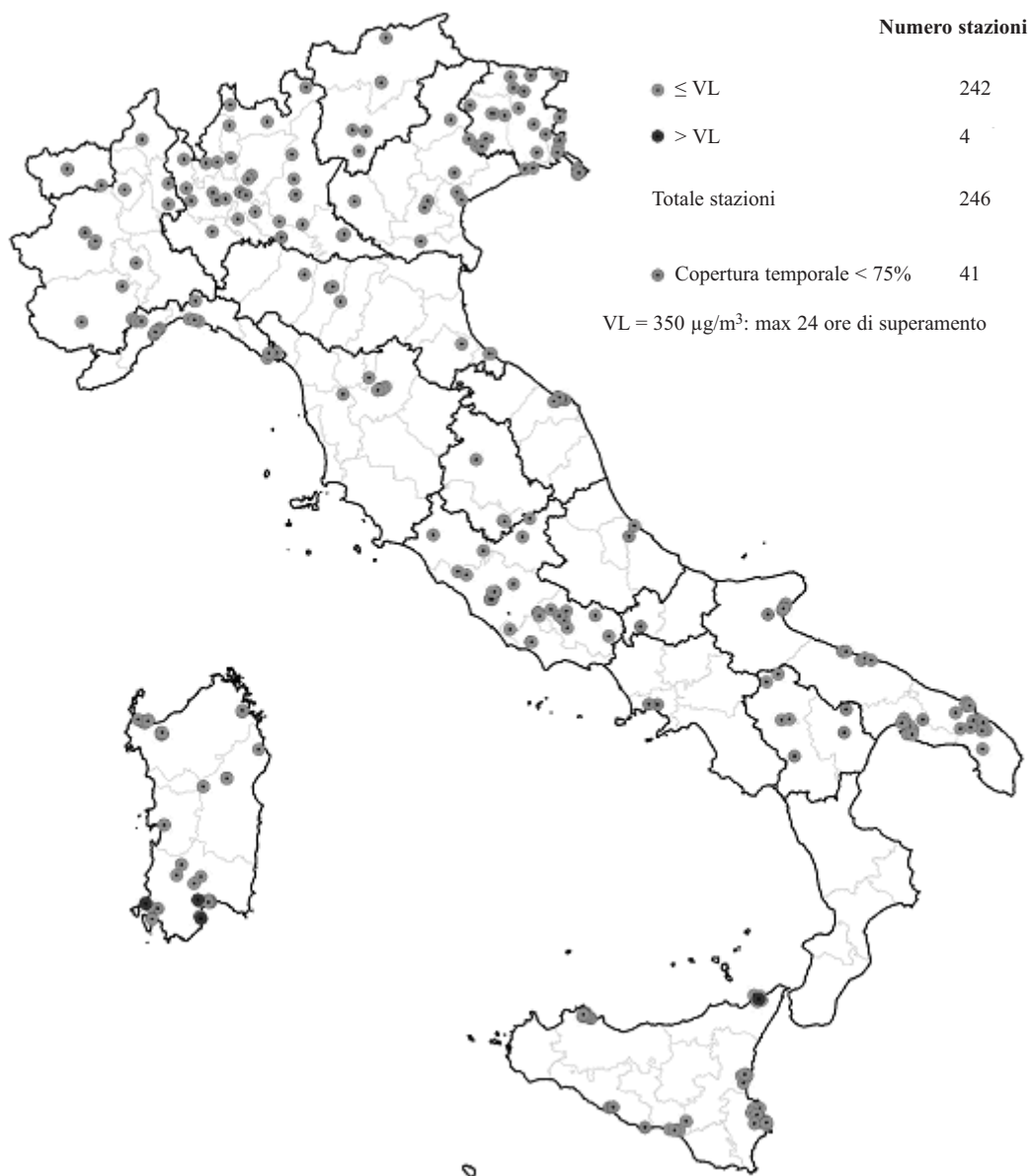
Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Grafico 2 - Numero di stazioni per l'EoI e numero di stazioni che hanno superato il valore limite medio annuale aumentato del margine di tolleranza per regione - Anno 2006



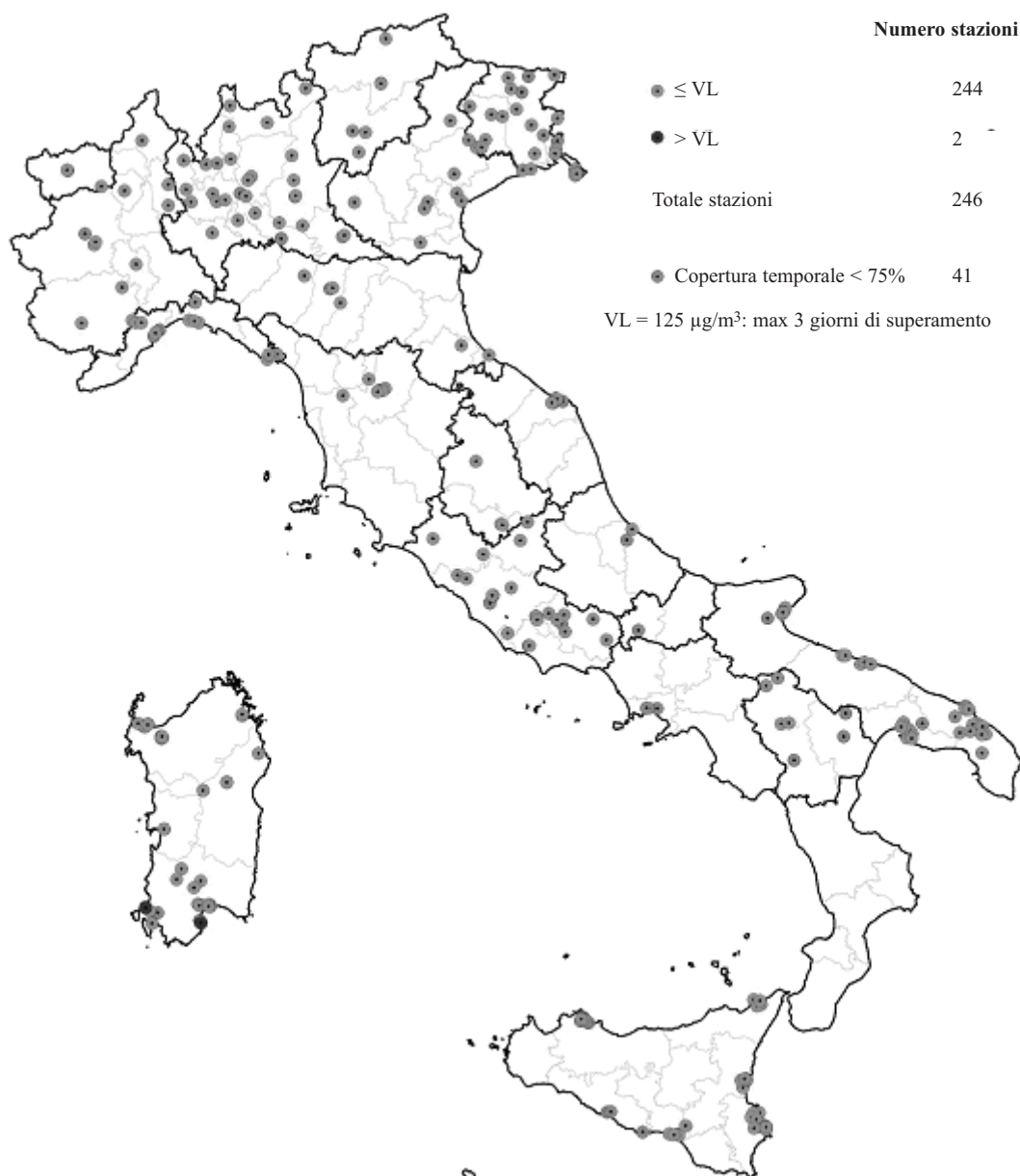
Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Grafico 3 - Numero di stazioni per l'EoI e numero di stazioni che hanno superato il valore limite orario di SO_2 per regione - Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Grafico 4 - Numero di stazioni per l'EoI e numero di stazioni che hanno superato il valore limite giornaliero per regione - Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Raccomandazioni di Osservasalute

In considerazione di quanto esposto, i livelli in atmosfera di Biossido di azoto e Biossido di Zolfo, rappresentano una forma di inquinamento atmosferico da non sottovalutare per gli effetti sulla popolazione e sugli ecosistemi, anche in considerazione della non uniformità e differente disponibilità dei dati. Certamente la situazione, anche se si debbono considerare i limiti propri della distribuzione, localizzazione, tipologia, zonizzazione e numero delle stazioni, è nettamente migliore per il biossido di zolfo rispetto al biossido di azoto. Sarebbe, comunque, auspicabile,

se non necessario, elaborare strategie e politiche efficaci nel contenimento delle emissioni e nelle attività di intervento a tutela della popolazione e dell'ambiente. Particolare attenzione dovrebbe porsi nella costruzione di una rete maggiormente omogenea di rilevamento per una migliore gestione e comunicazione del rischio ed in forme di prevenzione ambientale che affrontino la problematica in modo globale e non solo settoriale per sorgente o situazione di emissione dell'inquinante, in special modo nei contesti territoriali ed ambientali che non favoriscano la dispersione (tessuto urbano, zone industriali).

Inquinamento da Polveri Fini (PM₁₀)

Significato. Il PM₁₀ è rappresentato dal materiale particolato (PM) con un diametro medio uguale o inferiore a 10 µ. L'inquinamento da polveri fini (PM₁₀) ha, fondamentalmente, due possibili categorie di origine, sorgenti di tipo naturale e antropico, atte a promuovere effetti a breve, medio e lungo termine. Delle fonti naturali fanno parte tutti i meccanismi di erosione e trasporto dovuti ad agenti meteorologici (tipo il trasporto di polvere dai deserti per meccanismi eolici, ovvero il trasporto degli *aerosol* marini), gli incendi e le eruzioni vulcaniche. Tra le sorgenti antropiche si può citare il traffico autoveicolare, il riscaldamento domestico da combustibili fossili (in particolare il carbone) ed alcune emissioni industriali (in particolare, per la frazione del particolato uguale o inferiore a 2,5 µ o PM_{2,5}). Una frazione del PM₁₀ in atmosfera è riconducibile, infine, a processi di trasformazione chimica e di condensazione di inquinanti secondari. Gli effetti maggiori sulla salute possono essere sintetizzati in danni sull'apparato respiratorio di tipo acuto (fenomeni irritativi ed infiammatori) e di tipo cronico-degenerativo (infiammatori cronici, mutageni e carcinogenetici). Gli indicatori proposti sono atti a valutare le emissioni in atmosfera, la distribuzione e l'evoluzione temporale delle polveri fini (PM₁₀), (indicatori di pres-

sione o di esposizione della popolazione), lo stato dell'ambiente atmosferico (indicatori di stato), la situazione delle stazioni di monitoraggio (indicatori di risposta o di "carenza") ed hanno come finalità l'ottemperanza di quanto previsto dalla Direttiva LCP 2001/80/CE, dalla Raccomandazione 2003/47/02 e dalla recente Direttiva Europea (11/12/2007: relativa all'utilizzo delle stazioni di *background* urbano per la stima delle concentrazioni medie annue) oltre che la verifica del rispetto dei valori limite richiesti dalla normativa in vigore in Italia dal 01/01/2005, DM 60 del 02/04/2002, recepimento della Direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999. Il DM 60, del 02/04/2002, norma i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo; inoltre, tale Decreto stabilisce, oltre ai valori limite, anche le soglie di allarme, il termine entro cui tali limiti possono essere raggiunti ed il numero di superamenti massimi consentiti in un anno. Il superamento del margine di tolleranza del limite (che deve decrescere di anno in anno, fino al raggiungimento del valore limite stesso), è indicativo della necessità di attuare un piano o un programma di risanamento nell'area interessata.

Media annua delle concentrazioni medie giornaliere delle polveri fini (PM₁₀)

Numero medio giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere delle polveri fini (PM₁₀)

Popolazione media residente per numero delle stazioni di rilevamento delle polveri fini (PM₁₀)

Numeratore	Popolazione media residente
Denominatore	Numero di stazioni

Validità e limiti. I dati relativi agli indicatori di "media annua delle concentrazioni medie giornaliere" e di "numero medio giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere", disaggregati per comuni, sono sufficientemente affidabili ed esprimono l'entità dell'impatto sulla salute delle polveri fini PM₁₀ descrivendo un quadro della situazione nazionale (sebbene questa sia passibile di miglioramento nel futuro). L'accuratezza e la precisione della misura sembrerebbero essere maggiormente congruenti alle finalità dell'indicatore, rispetto alla comparabilità spaziale e temporale dei dati, che non appaiono altrettanto adeguati. Altresì, i dati relativi all'indicatore "numero delle stazioni di rilevamento", in conseguenza dell'indisponibilità delle stazioni o dei dati stessi per tutte le province e regioni, possono risultare insufficienti in considerazione: 1) della complessità dei processi di garanzia e controllo di qualità necessa-

ri per la certificazione delle reti di rilevamento; 2) della disomogeneità di distribuzione delle stazioni, per numero, tipo o metodo di rilevazione delle polveri fini (che influenza fortemente il dato di concentrazione rilevato), nelle regioni. Si rammenta che un variabile numero di stazioni di rilevamento sono gestite dall'ENEL e sono state rese parte integrante del sistema locale di analisi del livello di emissioni atmosferiche derivanti dalle centrali di produzione dell'energia. La fonte dei dati di popolazione (utilizzati per la quantificazione del rapporto popolazione residente/stazioni) è costituita dalle banche dati Istat.

Valore di riferimento/Benchmark. Il numero e la tipologia delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria per il particolato fine PM₁₀ sono indicati, in funzione del territorio, della popolazione potenzialmente esposta e del tipo di inquinante, dalla Direttiva

Quadro 96/62/CE e dalla Direttiva figlia 1999/30/EC, recepita dall'Italia con il DM 60 del 02/04/2002.

Nelle Tabelle 1 e 2, le stazioni sono "stimate" in relazione al solo valore della popolazione potenzialmente esposta in agglomerati urbani considerando le stazioni di riferimento dotate di tutti gli analizzatori.

Il DM del 02/04/2002 stabilisce gli obiettivi (valutare la qualità dell'aria ambiente per consentirne la successiva gestione attraverso la verifica del rispetto dei valori limite stabiliti) ed i valori limite di concentrazione del PM₁₀ nell'aria ambiente, stabiliti dal DM 60/2002 ed entrati in vigore nel 2005:

- valore limite giornaliero, con periodo di mediazione di 24 ore, di 50 µg/m³ di PM₁₀ da non superare più di 35 volte (giorni) per anno civile;

- valore limite annuale, con periodo di mediazione di 1 anno civile, di 40 µg/m³ di PM₁₀.

In base al DM 60 del 02/04/2002, in conformità alla Direttiva 99/30/CE, il metodo di riferimento per il campionamento del PM₁₀ è considerato il "gravimetrico" per cui, a partire dall'anno 2005, tutte le centraline di monitoraggio o sono state dotate di questo sistema di misura oppure, utilizzando metodi differenti, devono essere state dotate di certificazione di equivalenza al metodo "gravimetrico". Pur considerato ciò, il recepimento del DM 60 del 02/04/2002 ha indubbiamente comportato difficoltà per i vari Enti regionali.

Questi Enti hanno dovuto adeguare o sostituire le loro reti di campionamento del PM₁₀, introducendo il "Sistema di Misura 2005" (SM2005). Nell'adottare il nuovo sistema di misura e/o nel procedere nell'adeguamento delle reti di rilevazione con i nuovi analizzatori, le regioni, che già rilevavano in modo automatico e continuo il PM₁₀ (es. Lombardia), hanno continuato ad utilizzare in parallelo anche il Sistema di Misura Classico (SMC) adottando un apposito fattore di equivalenza certificato, al fine di permettere il mantenimento di un archivio storico ed una comparazione con i dati ottenuti dal 2005 in poi. In effetti, i dati ottenuti dall'introduzione della nuova strumentazione e del fattore d'equivalenza mostrano che per il Sistema di Misura 2005 (SM2005) si verifica un apparente incremento delle concentrazioni poiché nella misura, a parità di qualità dell'aria, viene inglobata anche la parte semivolatile (costituita da nitrato di ammonio, sale inorganico e da sostanze organiche basso-bollenti). Ciò evidenzia le difficoltà incontrate negli anni 2005 e 2006 nella misura del PM₁₀. L'incremento delle concentrazioni sembrerebbe essere accentuato durante i mesi invernali, in quanto durante i mesi caldi la componente semivolatile è allo stato gassoso anche negli strati esterni dell'aria. I campionatori gravimetrici, che affiancano la rete automatica, permettono di valutare la composizione del particolato, di cui il 15% risulta di origine naturale dovuto al sollevamento di polvere dal terreno. Tale componente presenta scarsa reattività e una limitata azione tossicologica.

Descrizione dei risultati

I dati (trasmessi dai *network* di monitoraggio della qualità dell'aria sulla base della *Exchange of Information Decision* (EoI) - 97/101/EC) sono relativi alla "Media annua delle concentrazioni medie giornaliere delle polveri fini (PM₁₀)". L'analisi, tenendo in debita considerazione i valori di riferimento entrati in vigore dal 2005 e l'estrema variabilità dei valori misurati, mostrerebbe che cinque regioni (Piemonte, Lombardia, Veneto, Marche e Lazio) superano il valore limite di 40 µg/m³ di particolato fine PM₁₀. Queste regioni possiedono sul loro territorio, complessivamente, il 27% (90 su 322) di tutte le stazioni di rilevazione a livello nazionale e, data la loro disposizione (in Sardegna ed in Sicilia, ad esempio, tutte le stazioni sono solo nei capoluoghi provinciali), rilevano con prevalenza il particolato emesso dal traffico autoveicolare o da attività industriale. Un esame disaggregato dei dati derivanti da 79 comuni e loro frazioni consente di rilevare come, nel 2006, in 39 comuni (49,4%) almeno una centralina ha registrato un valore medio annuo superiore al valore limite, con valori massimi compresi tra i 30 (rilevato a Cagliari) e i 287 µg/m³ (quest'ultimo valore è stato registrato da una centralina a Milano). Viceversa, sono 40 i comuni con valori medi annui sempre inferiori al limite di 40 µg/m³ e tra questi Agrigento, Bolzano, Bormio, Gorizia, Nuoro, Pordenone, Reggio Emilia, Udine, Trieste. Tra le situazioni maggiormente critiche, relativamente ai picchi massimi di concentrazione, è possibile citare i comuni di Asti, Biella, Bergamo, Brescia, Como, Frosinone, Lecco, Milano, Torino, Varese, anche se i valori medi nel 2006, degli stessi comuni, risultano in molti casi diminuiti rispetto ai valori medi registrati nel 2005.

Per quanto riguarda il secondo indicatore proposto, "numero medio giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere delle polveri fini (PM₁₀)", il 65% delle regioni (Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino-Alto Adige (inclusa la PA di Trento), Veneto, Liguria, Emilia-Romagna, Toscana, Marche, Lazio, Abruzzo, Puglia e Sicilia) presenta il superamento della soglia minima di 50 µg/m³ di PM₁₀ oltre i 35 giorni/anno consentiti, non considerando la Calabria in quanto per questa non sono disponibili i dati. Per effettuare una classifica parziale delle regioni più critiche si possono citare nell'ordine Lombardia, Marche, Piemonte e Veneto, mentre le più "virtuose" (ma si consideri sempre il rapporto stazioni/popolazione monitorata) possono essere considerate Basilicata, Friuli-Venezia Giulia, Valle d'Aosta e Trentino-Alto Adige. Da considerare lo stato di impatto ambientale da PM₁₀ nelle restanti regioni. La Basilicata sostituirebbe il Trentino-Alto Adige nel ruolo virtuoso di migliore regione nel panorama nazionale, mentre da discutere è l'impatto che l'inquinamento da PM₁₀ ha in quelle regioni, dove a fronte di valori sufficientemente nella norma per la

media delle concentrazioni giornaliere, i giorni di superamento del limite eccedono quanto indicato in normativa.

Disaggregando nuovamente i dati per comuni, solo 8 di essi su 79 (10%) non hanno mai superato il limite dei 35 giorni. Tutti gli altri comuni (che hanno fornito almeno il 75% dei dati validi e sono stati, quindi, considerati nell'analisi statistica) hanno superato il limite dei 35 giorni in modo variabile, con valori compresi tra 1 e 276 giorni. In particolare, il superamento del limite rispetto al consentito si è registrato in una centralina a Siracusa. L'analisi delle stazioni di rilevamento nelle varie regioni indicherebbe la disomogeneità della loro distribuzione sul territorio nazionale e confermerebbe la variabilità dei dati osservati. Comunque, il numero delle stazioni rispetto al 2004-2005 (207 stazioni) è aumentato (322 al 2006, stante l'aggiornamento dei sistemi e metodi di misura). Tale aumento è prevalente nel settentrione (ad eccezione del Veneto, le cui stazioni appaiono ancora esigue per

le necessità), dove il numero delle postazioni di misura appare sufficiente se riferito al rapporto "Popolazione media residente per numero delle stazioni di rilevamento delle polveri fini (PM₁₀)". Ben diversa la situazione dell'Italia meridionale ed insulare, eccettuata la Sardegna e la Sicilia (che comunque concentrano principalmente nei capoluoghi di provincia le stazioni di rilevamento), per cui si avrebbe una copertura territoriale ancora non pienamente sufficiente a rispondere alle esigenze conoscitive sullo stato dell'ambiente come previsto in normativa e, conseguentemente, nell'analisi del rischio derivante da inquinanti potenzialmente ad alto grado di pericolosità per la salute della popolazione. Tutto ciò è maggiormente evidenziato dall'analisi per comuni del numero delle stazioni di monitoraggio distribuite sul territorio, dove la differenza tra l'entità del monitoraggio effettuato dai comuni del Nord e del Centro risulta "abissale" rispetto ai comuni del Sud o delle Isole e difficilmente colmabile nel breve o medio periodo.

Tabella 1 - Media annua delle concentrazioni medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), confronto trend per media annua delle concentrazioni medie giornaliere (anno 2006 vs. 2005), numero medio giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere, confronto trend per media del numero dei giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere (anno 2006 vs. 2005), numero stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per particolato fine PM₁₀ e popolazione media residente per stazioni, per regione - Anno 2006

Regioni	Media annua delle concentrazioni medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Confronto trend media giornaliera concentrazioni 2006 vs. 2005	Numero medio giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere	Confronto trend superamento valori limite 2006 vs. 2005	Numero stazioni per PM ₁₀	Popolazione media residente/stazioni
Piemonte	44	↑	104	↑	22	178.220
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	29	↓	43	↓	4	31.203
Lombardia	49	↑	122	↑	40	238.636
Trentino-Alto Adige	30	↑	52	↑	18	55.261
Bolzano-Bozen	26	↓	34	↓	11	44.334
Trento	36	↑	79	↑	7	72.433
Veneto	44	↓	93	↓	9	530.395
Friuli-Venezia Giulia	27	↑	26	↑	15	80.840
Liguria	32	↑	41	↑	15	107.192
Emilia-Romagna	37	↓	72	↓	23	183.620
Toscana	33	↑	48	↑	8	454.777
Umbria	29	↓	32	↓	10	87.297
Marche	47	↑	116	↑	6	256.016
Lazio	41	↑	77	↑	13	422.562
Abruzzo	40	↑	90	↑	3	436.599
Molise*	19	n.d.	6	n.d.	1	320.074
Campania*	27	n.d.	27	n.d.	8	723.773
Puglia	32	↓	40	↑	18	226.104
Basilicata	25	↑	22	↑	10	59.134
Calabria	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Sicilia	31	↓	52	↑	38	132.023
Sardegna	28	↑	24	↑	43	38.592
Italia	34		57		322	222.814

n.d. = non disponibile.

*Dato disponibile solo per il 2006.

Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Tabella 2 - Media annua delle concentrazioni medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), confronto trend per media annua delle concentrazioni medie giornaliere (anno 2006 vs. 2005), numero medio giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere, confronto trend per media del numero dei giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere (anno 2006 vs. 2005), numero stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per particolato fine PM_{10} e popolazione media residente per stazioni, per regione. In ORDINE CRESCENTE per popolazione media residente - Anno 2006

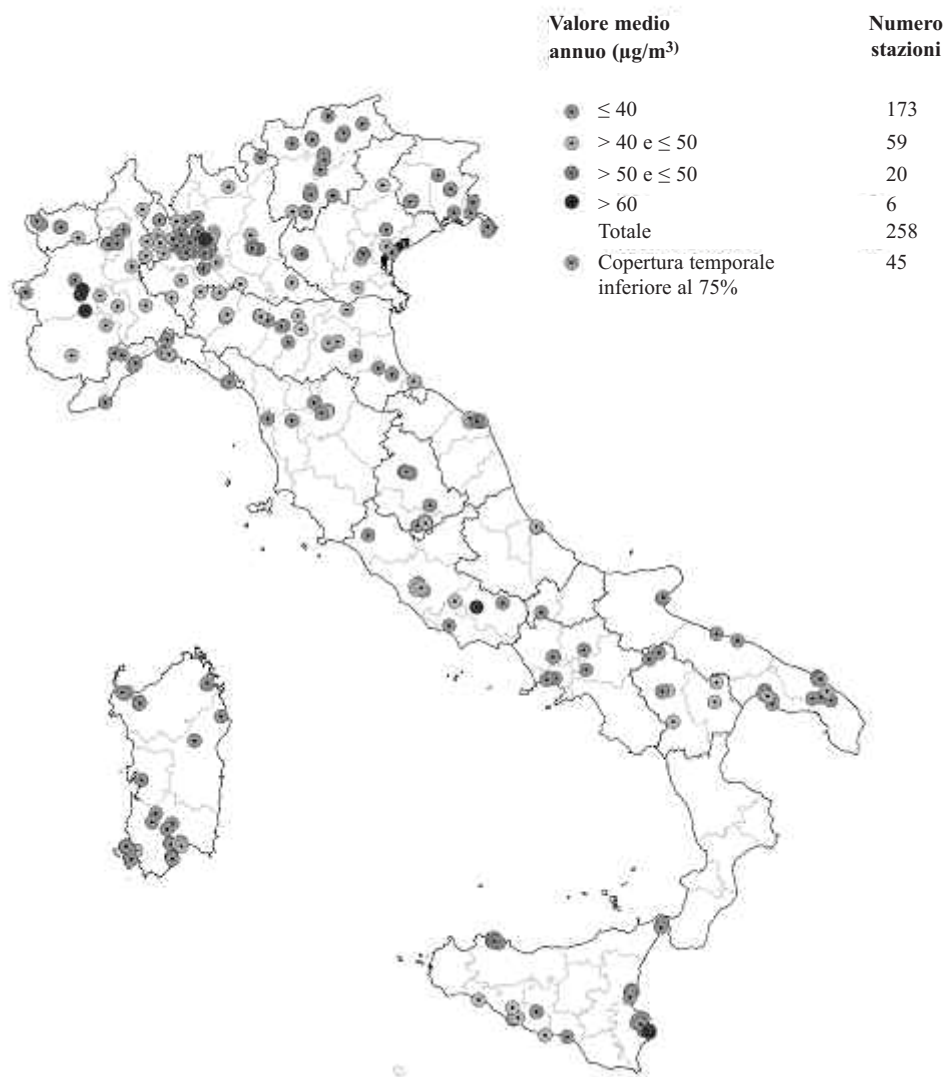
Regioni	Media annua delle concentrazioni medie giornaliere ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Confronto trend media giornaliera concentrazioni 2006 vs. 2005	Numero medio giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere	Confronto trend superamento valori limite 2006 vs. 2005	Numero stazioni per PM_{10}	Popolazione media residente/stazioni
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	29	↓	43	↓	4	31.203
Sardegna	28	↑	24	↑	43	38.592
Trentino-Alto Adige	30	↓	52	↑	18	55.261
<i>Bolzano-Bozen</i>	26	↓	34	↓	11	44.334
<i>Trento</i>	36	↑	79	↑	7	72.433
Basilicata	25	↑	22	↑	10	59.134
Friuli-Venezia Giulia	27	↑	26	↑	15	80.840
Umbria	29	↓	32	↓	10	87.297
Liguria	32	↑	41	↑	15	107.192
Sicilia	31	↓	52	↑	38	132.023
Piemonte	44	↑	104	↑	22	178.220
Emilia-Romagna	37	↓	72	↓	23	183.620
Italia	34		57		322	222.814
Puglia	32	↓	40	↑	18	226.104
Lombardia	49	↑	122	↑	40	238.636
Marche	47	↑	116	↑	6	256.016
Molise*	19	n.d.	6	n.d.	1	320.074
Lazio	41	↑	77	↑	13	422.562
Abruzzo	40	↑	90	↑	3	436.599
Toscana	33	↑	48	↑	8	454.777
Veneto	44	↓	93	↓	9	530.395
Campania*	27	n.d.	27	n.d.	8	723.773
Calabria	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

n.d. = non disponibile.

*Dato disponibile solo per il 2006.

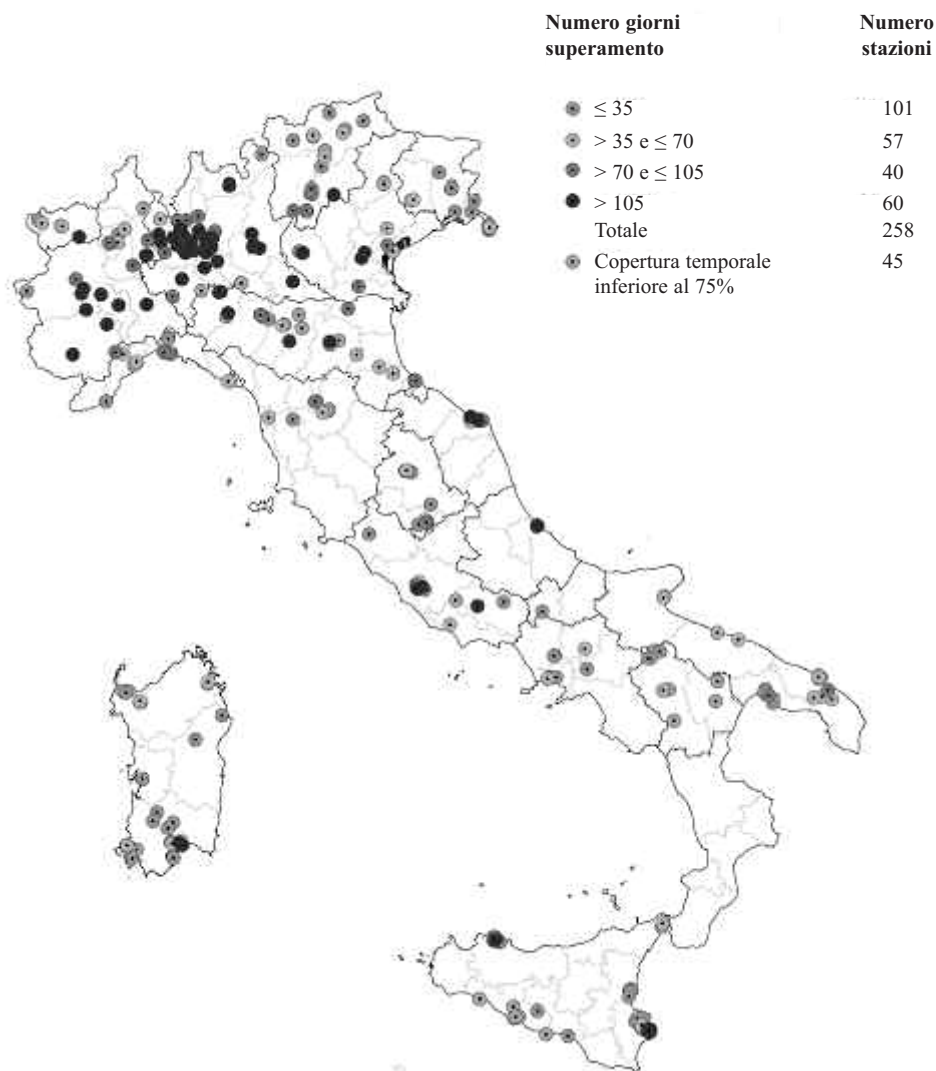
Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Grafico 1 - Valore medio annuale delle concentrazioni medie giornaliere e numero stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per particolato fine PM_{10} , per regione - Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Grafico 2 - Numero medio giorni di superamento del valore limite delle concentrazioni medie giornaliere e numero stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria per particolato fine PM_{10} , per regione - Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Raccomandazioni di Osservasalute

Dall'esame di questi dati si evince che permangono, a tutt'oggi, alcune lacune nella copertura e nella disponibilità delle informazioni sul territorio nazionale, in particolare relativamente all'Italia meridionale e insulare. Si deve anche tener conto che è ancora in corso il processo di adeguamento delle reti alla normativa europea, in via di recepimento in Italia a partire dal 1999, con un aumento nel 2006 rispetto agli anni precedenti del numero delle centraline, ma non della loro

omogenea diffusione regionale e territoriale. Perciò, la disomogeneità della distribuzione delle stazioni di monitoraggio esistente sul territorio e la sola parziale esistenza di un sistema armonizzato di produzione, raccolta e diffusione delle informazioni configurano l'indicatore "Stazioni di monitoraggio per PM_{10} " come un indicatore di carenza più che di stato ed esprime l'esigenza di un maggiore e più appropriato intervento coordinato degli Enti preposti alla salvaguardia dell'ambiente e della salute della popolazione.

Inquinamento da Benzene (C₆H₆)

Significato. Il benzene (C₆H₆), è un inquinante a prevalente componente primaria, le cui principali sorgenti di emissione sono tutti i veicoli alimentati a benzina, gli impianti di raffinazione, stoccaggio e distribuzione dei combustibili, i processi di combustione in generale che utilizzino derivati del petrolio ed, infine, solventi o vernici che ancora abbiano come componente base il benzene. Il benzene è un potente tossico con effetti acuti e cronici sul sistema nervoso, epatico e renale ed è un oncogeno con capacità induttiva di anemie aplastiche e processi linfoproliferativi neoplastici.

Gli indicatori proposti sono atti a valutare le emissioni in atmosfera, la distribuzione e l'evoluzione temporale del benzene (Indicatori di pressione o di esposizione della popolazione), lo stato dell'ambiente atmosferico (Indicatori di stato), la situazione delle stazioni di monitoraggio in Italia (Indicatori di risposta o di "carezza") e sono frutto dell'*European Exchange of Information* (EoI), previste dalle Decisioni 97/101/CE e 2001/752/CE.

Media annua delle concentrazioni medie giornaliere del benzene (C₆H₆)

Popolazione media residente per numero delle stazioni di rilevamento utilizzate ai fini della valutazione e gestione della qualità dell'aria per il benzene (C₆H₆)

Numeratore	Popolazione media residente
Denominatore	Numero di stazioni

Validità e limiti. I dati relativi agli indicatori esaminati, disaggregati per regione, sono affidabili ed esprimono l'entità dell'impatto sulla salute del benzene, descrivendo un quadro della situazione nazionale riferito all'anno 2006. L'accuratezza e la precisione della misura sembrerebbero essere, tuttavia, maggiormente congrui alle finalità proposte dall'indicatore, rispetto alla comparabilità spaziale e temporale dei dati, che non appaiono altrettanto adeguati.

Le stazioni sono distribuite per numero, tipo o metodo di rilevazione del benzene, in modo disomogeneo (cosa che influenza fortemente il dato di concentrazione rilevato). I dati derivano da 18 regioni su 20, con la maggiore densità di stazioni nel Nord rispetto al Sud, con l'eccezione apparente della Sicilia e della Sardegna (rispettivamente 15 e 13 stazioni).

Il totale nazionale delle stazioni di monitoraggio è di 127, di cui 81 (64% in 16 regioni) hanno fornito serie di dati con una copertura temporale almeno pari o superiore al 75%, limite utile per poterli impiegare secondo la EoI. Tale criterio, valido per l'EoI in quanto garantisce una sufficiente copertura temporale unita ad una più che sufficiente rappresentatività del territorio nazionale, risulta, però, meno stringente rispetto alla legislazione attualmente in vigore in Italia (DM 60/2002). La fonte dei dati di popolazione (utilizzati per la quantificazione del rapporto popolazione residente/stazioni) è costituita dalle banche dati Istat.

Valore di riferimento/Benchmark. Il numero e la tipologia delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria per il benzene oltre alle concentrazioni rile-

vate, sono indicate in funzione del territorio e della popolazione potenzialmente esposta, secondo quanto previsto dalla normativa EoI, dal DL 351/1999 e dal DM 60/2002. Tali decreti hanno come obiettivo la valutazione della qualità dell'aria ambiente attraverso la verifica del rispetto dei valori limite.

Il limite in vigore nell'anno 2006 (cui i dati sono riferiti) uguale a 9 µg/m³, deriva dalla Direttiva 2000/69/CE, entrata in obbligatorietà il 13/12/2000 e recepita dal citato DM 60/2002.

Tale valore massimo è costituito dal valore limite che deve entrare in vigore dal 01/01/2010 (5 µg/m³ di benzene) aumentato del 100% di tolleranza (5 µg/m³ di benzene) per un totale al 2005 di 10 µg/m³. La tolleranza è iniziata a decrescere, secondo una percentuale annua costante, a partire proprio dal 01/01/2006, per giungere allo 0% al 01/01/2010.

Per ciascuna stazione, è associata l'indicazione sull'utilizzo della stazione stessa da parte della regione ai fini della valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, in linea con quanto previsto dalla Decisione 2004/461/CE (Direttive 96/62/CE; 1999/30/CE; 2000/69/CE; 2002/3/CE).

Descrizione dei risultati

L'analisi dei dati relativi al trend della "Media annua delle concentrazioni medie giornaliere del benzene (C₆H₆)", tenendo in debita considerazione l'estrema variabilità dei valori misurati, mostra che cinque regioni (Piemonte, Friuli-Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Toscana e Puglia) più la Provincia Autonoma di Bolzano, tendono ad avere un aumento

medio dei valori nel 2006, rispetto al 2005. Tutte le altre regioni tendono ad avere un trend in diminuzione o stabile. In Italia, il trend di concentrazione media giornaliera è in diminuzione (4,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2002; 3,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2003; 2,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2005 e 2,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ nel 2006), nonostante nel 2004 si sia registrato un valore medio pari a 3,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Il valore limite di 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di benzene nel 2006 non è raggiunto da nessuna regione. Tutte le regioni presentano valori limite inferiori a quanto previsto dalla Direttiva 2000/69/CE (5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Un esame disaggregato dei dati nel 2006, derivanti da 81 stazioni nelle varie province su 127 (poiché alcune di esse non hanno fornito dati significativi per il calcolo), mostra che il 50° percentile dei valori è di 2,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mentre il range della media delle concentrazioni varia da un minimo di 1 sino ad un massimo di 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Genova-Europa e Palermo Di Blasi utilizzate per lo EoI). Tutte le stazioni di monitoraggio provinciali sono ad un valore inferiore al limite di 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; mentre il 93,8% delle stazioni di monitoraggio ha rilevato nel 2006 concentrazioni di benzene già ad un limite inferiore o uguale a 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'analisi delle stazioni di rilevamento nelle varie

regioni indica una persistente disomogeneità della loro distribuzione sul territorio nazionale, oltre a ribadire come, nonostante vi sia stato un aumento rispetto agli anni precedenti, il numero dei rilevatori appare, comunque, ancora insufficiente se riferito al rapporto "Popolazione media residente per numero delle stazioni di rilevamento del benzene (C_6H_6)". Solo due sono le regioni che non forniscono dati utili per l'EoI, per la valutazione dell'impatto ambientale e sulla salute, del benzene atmosferico: Calabria e Umbria. Tale dato è un chiaro indicatore di carenza, in quanto è prevedibile che ogni azione tesa a prevenire o bonificare eventuali situazioni di rischio per la popolazione non sono suffragate da evidenze oggettive o scientifiche a livello locale. Difficilmente gli Enti e le Autorità locali in queste regioni possono essere in grado di attuare una gestione ambientale ed una tutela della salute efficiente ed efficace in relazione al benzene atmosferico. Bisognerebbe chiedersi, qualora attuassero eventuali "blocchi del traffico" od altri atti di prevenzione ambientale in base a questo parametro, come possa "giustificarsi".

Qualora, poi, si osservi la distribuzione delle stazioni in funzione del numero di persone residenti nelle varie

Tabella 1 - Media annua delle concentrazioni medie giornaliere di benzene (9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto al 2006), stazioni di rilevamento (valori assoluti) e popolazione media residente per numero delle stazioni, per regione - Anni 2002-2006

Regioni	Media annua delle concentrazioni medie giornaliere di Benzene (9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al 2006)					Trend 2005-2006	Numero delle stazioni di rilevamento del Benzene (C_6H_6) 2006	Popolazione media residente per numero delle stazioni di rilevamento di Benzene - 2006
	2002	2003	2004	2005	2006			
Piemonte*	4,0	3,0	2,0	1,9	2,2	↑	12	326.736
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	5,0	5,0	4,0	2,0	2,0	=	1	124.812
Lombardia*	6,0	3,3	3,4	1,9	1,5	↓	12	795.453
Bolzano-Bozen	2,0	3,0	3,0	2,3	3,0	↑	2	243.837
Trento	6,0	4,0	4,0	-	2,0	-	1	507.030
Veneto	-	-	3,0	2,5	1,5	↓	2	2.386.777
Friuli-Venezia Giulia	-	2,4	2,8	2,7	2,9	↑	9	134.734
Liguria	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5	=	6	267.980
Emilia-Romagna*	3,8	2,4	7,6	1,9	2,0	↑	13	324.866
Toscana	2,8	2,0	2,0	2,0	2,3	↑	4	909.553
Umbria	5,0	-	-	-	-	-	-	-
Marche*	-	-	-	1,5	-	-	3	512.033
Lazio	6,2	4,6	4,5	4,4	3,6	↓	9	610.368
Abruzzo*	8,5	5,7	4,3	3,5	2,6	↓	5	261.959
Molise	-	-	-	-	3,0	-	2	160.037
Campania*	-	-	-	-	3,5	-	6	965.031
Puglia*	-	-	-	1,3	1,5	↑	6	678.312
Basilicata	-	-	-	1,0	0,5	↓	6	98.556
Calabria*	-	-	-	-	-	-	-	-
Sicilia*	5,7	5,7	5,7	4,6	2,9	↓	15	334.457
Sardegna*	1,0	1,3	2,7	1,5	1,2	↓	13	127.649
Italia	4,7	3,5	3,9	2,4	2,3	↓	127	506.887

*Non tutte le stazioni della regione hanno fornito dati.

- = Dato mancante o stazioni assenti nella regione.

Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Tabella 2 - Media annua delle concentrazioni medie giornaliere di benzene ($9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ previsto al 2006), stazioni di rilevamento (valori assoluti) e popolazione media residente per numero delle stazioni, per regione. In ORDINE CRESCENTE per popolazione media residente - Anni 2002-2006

Regioni	Media annua delle concentrazioni medie giornaliere di Benzene ($9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al 2006)					Trend 2005-2006	Numero delle stazioni di rilevamento del Benzene (C_6H_6) 2006	Popolazione media residente per numero delle stazioni di rilevamento di Benzene - 2006
	2002	2003	2004	2005	2006			
Basilicata	-	-	-	1,0	0,5	↓	6	98.556
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	5,0	5,0	4,0	2,0	2,0	=	1	124.812
Sardegna*	1,0	1,3	2,7	1,5	1,2	↓	13	127.649
Friuli-Venezia Giulia	-	2,4	2,8	2,7	2,9	↑	9	134.734
Molise	-	-	-	-	3,0	-	2	160.037
Abruzzo*	8,5	5,7	4,3	3,5	2,6	↓	5	261.959
Liguria	3,7	3,6	3,5	3,5	3,5	=	6	267.980
Emilia-Romagna*	3,8	2,4	7,6	1,9	2,0	↑	13	324.866
Piemonte*	4,0	3,0	2,0	1,9	2,2	↑	12	326.736
Sicilia*	5,7	5,7	5,7	4,6	2,9	↓	15	334.457
Italia	4,7	3,5	3,9	2,4	2,3	↓	127	506.887
Marche*	-	-	-	1,5	-	-	3	512.033
Lazio	6,2	4,6	4,5	4,4	3,6	↓	9	610.368
Puglia*	-	-	-	1,3	1,5	↑	6	678.312
Trentino-Alto Adige	4,0	3,5	3,5	2,3	2,5	↓	3	743.867
<i>Bolzano-Bozen</i>	2,0	3,0	3,0	2,3	3,0	↑	2	243.837
<i>Trento</i>	6,0	4,0	4,0	-	2,0	↓	1	507.030
Lombardia*	6,0	3,3	3,4	1,9	1,5	↓	12	795.453
Toscana	2,8	2,0	2,0	2,0	2,3	↑	4	909.553
Campania*	-	-	-	-	3,5	-	6	965.031
Veneto	-	-	3,0	2,5	1,5	↓	2	2.386.777
Umbria	5,0	-	-	-	-	-	-	-
Calabria*	-	-	-	-	-	-	-	-

*Non tutte le stazioni della regione hanno fornito dati.

- = Dato mancante o stazioni assenti nella regione.

Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

regioni (dato che soffre dell'eventuale localizzazione preferenziale nei centri urbani delle centraline, tale che la conoscenza del fenomeno in aree rurali è spesso solo ottenuta da centraline uniche utilizzate come riferimento interno), si può notare come la media della popolazione realmente servita dalle centraline sia, a livello nazionale, di 506.887 persone per ogni stazione utile all'EoI. Ipotizzando un'area di "vicinaggio" (zona utile di campionamento intorno alla centralina) anche di qualche migliaio di metri quadrati, il dato di copertura sembra essere insufficiente a garantire una reale conoscenza del fenomeno di inquinamento atmosferico da benzene, qualora lo si desideri correlare con lo stato di esposizione della popolazione e con gli effetti sulla salute.

Il range di copertura della popolazione residente va da un minimo di 98.556 persone/stazione di monitoraggio in Basilicata ad un massimo di 2.386.777 persone/stazione di monitoraggio nel Veneto. Questo dato,

in particolare, evidenzia la notevole discrepanza esistente nel numero delle stazioni di campionamento e nella loro distribuzione sul territorio, sebbene la differenza tra l'entità del monitoraggio effettuato nelle regioni/province del Nord, del Centro o del Sud e nelle Isole non configuri una reale disparità nella gestione delle stazioni. Si consideri, infatti, che la Provincia Autonoma di Trento, tre regioni nel Nord (Lombardia, Friuli-Venezia Giulia e Veneto), quattro nel Centro (Toscana, Abruzzo, Marche e Lazio) e due nel Sud (Campania e Puglia) superano il rapporto popolazione esposta/stazioni della media nazionale. È bene notare, comunque, che nel 2006 due regioni nel Centro (Marche, Molise) e tre nel Sud (Basilicata, Campania, Puglia), hanno finalmente provveduto a fornire dati utili alla valutazione e gestione ambientale dell'inquinamento da benzene in seguito ad installazione o attivazione delle stazioni di monitoraggio.

Grafico 1 - Stazioni di rilevamento del C_6H_6 in funzione del valore medio annuale delle concentrazioni medie giornaliere (valore limite $9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ al 2006) per regione - Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. SINAnet Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Raccomandazioni di Osservasalute

Dall'esame di questi dati, risulta uno stato d'inquinamento da benzene fondamentalmente entro i limiti previsti dalla normativa vigente e un adeguamento di quasi tutte le regioni nel dotarsi di un sistema di monitoraggio. Comunque, a causa del perdurare di differenti lacune nella copertura (e nella disponibilità delle informazioni) sul territorio nazionale, in particolare nell'Italia centrale e meridionale, risulta ancora prioritario sviluppare ulteriormente la rete di monito-

raggio EoI in tutte le regioni al fine di ottenere una maggiore omogeneizzazione della distribuzione delle stazioni.

Pertanto, la disomogeneità distributiva delle stazioni (pressoché totalmente in siti centrali nelle città) esistente sul territorio e la solo parziale esistenza di un sistema armonizzato di produzione, raccolta e diffusione delle informazioni, configurano, a tutt'oggi, i diversi indicatori esaminati come indicatori di carenza più che di stato o di pressione ed esprimono

l'esigenza di un maggiore e più appropriato intervento coordinato degli Enti preposti alla salvaguardia dell'ambiente e della salute della popolazione. Ciò in forza anche dell'evidente ritardo che si ha nei confronti di molti dei Paesi industrializzati e di molti dei Paesi dell'EU e dell'importanza che il benzene, quale cancerogeno, presenta ai fini della tutela della salute della popolazione. Sarebbe utile implementare una maggiore integrazione tra gli enti preposti alla valutazione ambientale ed alla tutela della salute, al fine di elaborare modelli epidemiologici validi di associazione tra i livelli atmosferici del benzene e gli effetti sulla salute della popolazione. Più che attivare, infatti, una rilevazione ex novo, andrebbero sviluppate - partendo dal livello regionale - le procedure di integrazione tra dati ambientali e dati sanitari, quindi in senso più lato sviluppare e consolidare le attività di epidemiologia

ambientale sulla base di una integrazione tra ARPA e Strutture Epidemiologiche del Sistema Sanitario Regionale. Questo potrebbe rappresentare una base per una sorveglianza ambientale/sanitaria a livello nazionale. In Italia esiste, per altro, una rete di Registri Tumore di Popolazione che seppur concentrati soprattutto al Nord, possono essere utilizzati per esplorare, per specifici sub-ambiti di malattia, eventuali associazioni con parametri di qualità dell'aria. In particolare dovrebbero essere estesi, armonizzati ed integrati per dati ambientali, i Registri Tumore della Popolazione relativi alle malattie linfomioproliferative, al fine di contestualizzare l'associazione tra i livelli ambientali di benzene e gli effetti da questo prodotti sulla salute, e promuovere le strategie preventive, legislative, normative più opportune.

Inquinamento da Ozono Troposferico (O₃)

Significato. L'ozono stratosferico (O₃), normalmente costituisce una fascia gassosa presente in ozonofera atta a proteggere dalle radiazioni U.V. della luce solare gli esseri viventi ed i vegetali. L'inquinante in studio, l'ozono troposferico, è altresì un inquinante secondario di derivazione, attraverso processi fotochimici, da inquinanti primari quali gli ossidi d'azoto (NO_x) e secondari, da essi derivati, come il biossido d'azoto (NO₂), oltre che i Composti Organici Volatili (COV). La combinazione dell'O₃ troposferico con queste altre molecole può formare, negli strati inferiori dell'atmosfera, una complessa miscela di sostanze denominata "smog fotochimico" che si forma nei bassi strati dell'atmosfera a seguito dei suddetti processi fotochimici e fotossidativi. Si ricordi la differenza rispetto allo "smog classico" (costituito prevalentemente da elementi particolati primari, visibile e di aspetto opaco, per la maggior parte formantosi in caso di inversione termica), per cui lo "smog fotochimico" appare al contrario del tutto invisibile, si presenta in giornate prevalentemente soleggiate e con buone condizioni meteorologiche, si avvale di sostanze derivate secondarie o trasformate come per esempio i PAN (perossiacilnitrati), che danno vita prevalentemente ad effetti acuti sulla salute (fenomeni irritativi delle mucose oculari e delle prime vie aeree e respiratorie, aggravamento di broncopneumopatie respiratorie croniche e di processi asmaticiformi, complicazioni di preesistenti patologie cardiache e polmonari, etc.). L'inquinamento fotochimico, oltre che locale, è un fenomeno transfrontaliero che si distribuisce su ampie

scale spaziali sfruttando elementi quali venti ed effetti differenti tipo il "grasshopper" o salto a cavalletta tra le tropopause. Di conseguenza, come per altri inquinanti analizzati, in particolare per l'O₃, i superamenti rilevati in talune stazioni non sempre sono esclusivamente attribuibili a fonti di emissione poste nelle loro immediate vicinanze, ma il contributo maggiore potrebbe dipendere da zone limitrofe. Le concentrazioni di O₃ più elevate si registrano nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare, stante l'origine di trasformazione chimica che lo caratterizza. Nelle aree urbane l'ozono si forma e si trasforma con notevole rapidità, con un comportamento alquanto complesso e differente da quello osservato per altri inquinanti. Le principali sorgenti di emissione dei precursori dell'O₃ sono il traffico autoveicolare, il riscaldamento civile e la produzione di energia. L'O₃ può causare seri problemi alla salute dell'uomo ed all'ecosistema, nonché all'agricoltura ed ai beni materiali.

Il presente indicatore si basa sui dati di concentrazione di O₃ troposferico in atmosfera raccolti secondo le procedure di scambio di informazioni (*Exchange of Information*, EoI) previste dalle Decisioni 97/101/CE e 2001/752/CE. I dati sono stati utilizzati anche per la verifica del rispetto della soglia di informazione e dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana stabiliti dall'attuale normativa relativa all'ozono nell'aria ambiente (Dir. 2002/3/CE e D. Lgs. 183/2004 di recepimento).

Numero medio giorni di superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m³ di O₃

Numero medio giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine (mediato su 8 ore) per la protezione della salute di 120 µg/m³ di O₃

Percentuale delle stazioni con superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m³ di O₃

$$\frac{\text{Numeratore}}{\text{Denominatore}} \times 100$$

Stazioni per inquinante con superamento del limite

Totale stazioni atte a rilevare l'inquinante

Percentuale delle stazioni con superamento dell'obiettivo a lungo termine (mediato su 8 ore) per la protezione della salute di 120 µg/m³ di O₃

$$\frac{\text{Numeratore}}{\text{Denominatore}} \times 100$$

Stazioni per inquinante con superamento del limite

Totale stazioni atte a rilevare l'inquinante

Popolazione media residente per numero delle stazioni di rilevamento utilizzate ai fini della valutazione e gestione della qualità dell'aria per l'ozono troposferico (O₃)

Numeratore	Popolazione media residente
Denominatore	Numero di stazioni

Validità e limiti. L'informazione riportata attraverso l'indicatore è di buona qualità ed affidabile, ed è riferita al 2006 basandosi sui dati di tutte le 20 regioni. L'attuale evoluzione e complessità delle procedure di garanzia e controllo di qualità delle centrali e delle reti di rilevamento non permette, nella fase attuale, un giudizio univoco ed uniforme sugli indicatori utilizzati. La disomogeneità della distribuzione territoriale nelle diverse regioni, i differenti metodi e strumenti talora impiegati per le analisi (Direttiva quadro 96/62/CE, recepita con il D. Lgs. n. 351 del 4/08/1999), la mancata comunicazione dei dati di alcune centrali di rilevamento (talora con ritardo di due anni rispetto alla rilevazione) possono rendere meno accurati, comparabili ed affidabili i risultati posti in analisi.

La validità dei dati, per il valore medio dei valori medi orari, sono calcolati per le stazioni di monitoraggio con almeno il 50% dei dati validi nell'anno di riferimento (copertura temporale minima). La verifica del rispetto della soglia di informazione e dell'obiettivo a lungo termine per la salute umana è stata effettuata per le stazioni di monitoraggio che hanno fornito dati con una copertura temporale superiore a 5 mesi estivi su 6 (da aprile a settembre) in allineamento con il D. Lgs. 183/2004. La verifica del rispetto dei valori limite è stata effettuata solo per le stazioni che hanno fornito serie di dati con tale copertura temporale rispetto al totale. Tale criterio, in accordo alla normativa EoI, ma meno stringente di quanto previsto al minimo dalla normativa italiana, è stato scelto dall'APAT in quanto dovrebbe garantire un'adeguata copertura temporale insieme a una sufficiente rappresentatività del territorio nazionale. La fonte dei dati di popolazione (utilizzati per la quantificazione del rapporto popolazione residente/stazioni) è costituita dalle banche dati Istat riferita all'anno 2006.

Valore di riferimento/Benchmark. Il numero e la tipologia delle stazioni di rilevamento della qualità dell'aria per l'ozono troposferico O₃, oltre alle concentrazioni rilevate, sono indicate in funzione del territorio e della popolazione potenzialmente esposta, secondo quanto previsto dalla normativa EoI e dall'all. IV del D. Lgs. 183/2004. Tale decreto ha come obiettivo quello di valutare la qualità dell'aria ambiente per consentirne la successiva migliore gestione attraverso la verifica del rispetto dei limiti normativi fissati, anche in ossequio all'obiettivo della normativa sull'EoI, vale a dire fornire un quadro cono-

scitivo e rappresentativo delle concentrazioni di O₃ in atmosfera, attraverso l'utilizzo di parametri statistici, consentendo inoltre un confronto tra i Paesi membri della Comunità Europea. Per cui i limiti sono:

- soglia di informazione, con periodo di mediazione di 1 ora, valore limite a 180 µg/m³ di O₃;
- obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, con periodo di mediazione di 8 ore, valore limite a 120 µg/m³ di O₃, limite *target* di qualità fissato al 2010 in 25 giorni/anno (da non superare nei Paesi dell'EU).

Il valore medio è calcolato nelle stazioni di monitoraggio con almeno il 50% di dati validi nell'anno di riferimento. Inoltre, per ciascuna regione è associata l'indicazione sull'utilizzo delle stazioni stesse ai fini della valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, in linea con quanto previsto dalla Decisione 2004/461/CE (Direttive 96/62/CE; 1999/30/CE; 2000/69/CE; 2002/3/CE).

Un *Technical Report* nell'anno 2007 dell'EEA (*European Environment Agency*) riporta dati ancora non completamente pubblicati in Italia, con un confronto delle concentrazioni e dei giorni di superamento delle soglie riferito all'anno 2006 per i Paesi dell'EU compresa l'Italia.

Da questo Report si evince che: 1) episodi di massima concentrazione di ozono troposferico O₃ si sono verificati nel 2006 in Italia (370 µg/m³) ed in altri Paesi (10 superamenti per concentrazioni tra 300 e 360 µg/m³ in Austria, Francia, Italia, Portogallo e Spagna oltre alla Romania); 2) il numero dei superamenti della soglia di informazione nei Paesi dell'EU ha un trend del superamento nel 68% delle stazioni nel 2003, 35% nel 2004, 42% nel 2005, 56% nel 2006. Tali superamenti si sono verificati in molte aree dell'Europa ma, fondamentalmente, nel Nord-Italia, nel Sud-Francia, in Germania, nel Regno Unito e nei Balcani; 3) il numero dei superamenti della soglia obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana nei Paesi dell'EU ha un trend del superamento nel 70% delle stazioni nel 2004; 86% nel 2005; 85% nel 2006. Tali superamenti si sono verificati in molte aree dell'Europa con un range nel 2006 che va da 2 a Malta, a 178 giorni in Italia. In tutta Europa non vi è mai stato un giorno senza il superamento della soglia obiettivo di salute; 4) il superamento della soglia obiettivo di qualità per la protezione della salute a lungo termine (in vigore dal 2010) si è verificato nel 19% delle stazioni EU nel 2004, 30% nel 2005 e 42% nel 2006 in 17 Paesi dell'EU (tra cui l'Italia).

Descrizione dei risultati

Nel 2006 lo scambio di informazioni EoI per l'O₃ troposferico ha riguardato la totalità delle regioni (20, mentre erano 18 nel 2005) per un totale di 235 stazioni (198 nel 2005), di cui 213 stazioni (169 nel 2005) ovvero il 90,6% del totale (85,4% nel 2005) hanno fornito serie di dati la cui sequenza avesse copertura temporale almeno pari a 5 mesi estivi su 6 (da aprile a settembre). È interessante notare come vi sia un chiaro trend in aumento sia nel numero di stazioni disponibili per il monitoraggio di O₃ sia nel numero di stazioni che siano reclutabili per l'EoI secondo il vincolo di copertura temporale: nel 2004 erano 143 stazioni, 169 nel 2005 ed, infine, 213 nel 2006. Questo dovrebbe testimoniare un apparente miglioramento nelle attività di monitoraggio e nella raccolta delle informazioni dal livello locale a quello nazionale. In particolare, si è registrato un incremento nel numero di stazioni tra il 2004 e il 2005 del 18% e tra il 2005 e il 2006 del 26%.

L'utilizzo della stazione da parte della regione ai fini della specifica valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente sono state 144 nel 2005 (85,2%).

In riferimento al D. Lgs. 183/2004, il numero di giorni di superamento della soglia di informazione (180 µg/m³) è rispettato in 65 stazioni (circa il 30%) nel 2006 (53 stazioni nel 2005, sempre circa il 30% di esse). Le stazioni delle regioni del Nord sono quelle che registrano più superamenti della soglia di informazione e per un numero maggiore di giorni.

Il rispetto dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana (120 µg/m³), mostra una percentuale di stazioni che non presenta superamenti quasi stazionario tra il 2005 e il 2006. In realtà, nel 2005 le stazioni che non registrano superamenti sono 14 su 169 (8,3%), mentre nel 2006 sono 17 su 213 (8,0%), quindi, con una contrazione dello 0,3% circa e nessun chiaro miglioramento. Come per la soglia di informazione, anche per l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, il maggior numero di giorni di superamento si registra nelle regioni del Nord.

Disaggregando i dati in macroaree regionali e successivamente in regioni, è possibile sviscerare alcuni aspetti degli indicatori considerati. La metà delle regioni possiede sul territorio stazioni utili all'EoI in quantità superiore alla decina di unità: 5 al Nord (Lombardia, Trentino-Alto Adige, Piemonte, Emilia-Romagna e Friuli-Venezia Giulia), 2 al Centro (Lazio e Toscana) e 2 nelle Isole (Sicilia e Sardegna). È bene notare che nessuna delle regioni del Sud è nelle stesse condizioni, anzi Molise, Calabria, Basilicata e Campania presentano un numero di stazioni, a forte della loro estensione territoriale e/o della densità demografica, in totale equivalente al solo Lazio (14). Al Centro, l'Abruzzo ed al Nord, la Valle d'Aosta presentano ciascuna 5 stazioni utili all'EoI.

La media del numero dei giorni di superamento della soglia oraria di informazione (180 µg/m³) a livello nazionale risulta essere di 5 giorni ed è superata dalla media di 6 regioni: 5 al Nord (Lombardia, Piemonte, Veneto, Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia) ed 1 al Centro (Lazio). Nessuna nel Sud e nelle Isole presenta il superamento della media nazionale, sebbene questo dato potrebbe essere sovrastimato dall'insufficiente numero di stazioni di monitoraggio disponibili e/o dall'inefficienza per l'EoI della maggior parte di esse.

La media del numero dei giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute (120 µg/m³) a livello nazionale, risulta essere di 35 giorni ed è superata altresì dalla media di 9 regioni: 7 al Nord (Lombardia, Piemonte, Veneto, Emilia-Romagna, Friuli-Venezia Giulia, Valle d'Aosta, Liguria) e 2 al Centro (Toscana e Lazio). Anche in questo caso nessuna delle regioni nel Sud e nelle Isole presenta il superamento della media nazionale. Anche in questo caso possono valere le stesse considerazioni prima esposte.

La percentuale nazionale media delle stazioni in cui si è avuto il superamento della soglia oraria di informazione dell'O₃ (180 µg/m³) è del 64%, ovvero solo circa il 36% (da correggersi al 30% in funzione della quota di stazioni non attive) presentano concentrazioni di O₃ troposferico normali, mentre il superamento dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute (120 µg/m³) avviene nell'84% delle stazioni EoI e, quindi, solo circa il 16% (da correggersi del 50% per la quota di stazioni inefficaci all'EoI) delle stazioni presentano concentrazioni secondo norma. In particolare, Veneto, Liguria, Toscana, Trentino-Alto Adige, Lazio, Calabria, Molise e Marche presentano un superamento nel 100% delle stazioni dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute, mentre il Piemonte, il Friuli-Venezia Giulia, la Lombardia e l'Umbria presentano percentuali a scalare dal 95% all'89%. La Campania chiude la classifica con il 33% di stazioni con il superamento del limite. Appare chiaro, comunque, come sia impossibile confrontare regioni con un numero così differente di stazioni di monitoraggio, in considerazione anche, tra l'altro, dei differenti criteri di scelta eseguiti localmente per il loro numero, posizionamento, distribuzione, attivazione. Quindi, indipendentemente dall'estensione territoriale delle diverse regioni, queste hanno un numero di stazioni utili per l'EoI chiaramente insufficiente per stabilire le condizioni di esposizione della popolazione regionale. In realtà si deve notare che la maggior parte delle stazioni regionali (se non la totalità) presentano una disposizione territoriale prevalentemente urbana od in zona industriale e, quindi, legate alle sorgenti di traffico autoveicolare ovvero di processo industriale. Se da una parte ciò corrisponde all'esigenza di buona parte della collettività e della

Tabella 1 - Numero di stazioni considerate per l'EoI, numero di stazioni utilizzate ai fini della valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, numero medio giorni di superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m³ di O₃, numero medio giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine (mediato su 8 ore) per la protezione della salute di 120 µg/m³ di O₃, percentuale delle stazioni con superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m³ di O₃, percentuale delle stazioni con superamento dell'obiettivo a lungo termine (mediato su 8 ore) per la protezione della salute di 120 µg/m³ di O₃ e popolazione media residente per numero di stazioni, per regione - Anno 2006

Regioni	Stazioni EoI per l'O ₃	Numero di O ₃ utilizzate ai fini della valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente	Numero medio giorni di superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m ³ di O ₃	Numero medio giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine di 120 µg/m ³ di O ₃	Percentuale stazioni con superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m ³ di O ₃	Percentuale stazioni con superamento dell'obiettivo a lungo termine di 120 µg/m ³ di O ₃	Popolazione media residente/stazioni gestione qualità dell'aria
Piemonte	21	16	14	63	95	95	245.053
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	5	5	5	43	60	80	24.962
Lombardia	30	29	20	65	90	90	329.153
Trentino-Alto Adige	19	12	5	33	74	100	82.892
<i>Bolzano-Bozen</i>	<i>12</i>	<i>5</i>	<i>4</i>	<i>26</i>	<i>58</i>	<i>100</i>	<i>97.535</i>
<i>Trento</i>	<i>7</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>45</i>	<i>100</i>	<i>100</i>	<i>72.433</i>
Veneto	8	8	13	60	100	100	596.694
Friuli-Venezia Giulia	21	18	8	51	86	95	67.367
Liguria	7	7	4	39	86	100	229.697
Emilia-Romagna	12	4	8	51	67	75	1.055.815
Toscana	11	10	5	51	82	100	363.822
Umbria	9	8	2	28	67	89	109.121
Marche	6	6	0	7	0	100	256.016
Lazio	14	10	6	36	64	100	549.331
Abruzzo	5	4	1	31	40	80	327.449
Molise	1	1	0	10	0	100	320.074
Campania	6	5	5	21	83	33	1.158.037
Puglia	8	8	3	31	50	75	508.734
Basilicata	5	5	0	18	0	40	118.268
Calabria	3	3	0	16	0	100	700.411
Sicilia	18	15	5	26	39	61	334.458
Sardegna	26	4	0	12	15	58	414.864
Italia	235	178	5	35	64	84	361.918

Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

normativa, dall'altra contrasta con l'esigenza epidemiologica di dimostrare una correlazione tra inquinamento ed effetti sulla salute acuti e/o cronici. Tale dato è un chiaro indicatore di carenza, in quanto è prevedibile che ogni azione tesa a prevenire o bonificare eventuali situazioni di rischio per la popolazione non sono suffragate da evidenze oggettive o scientifiche in area territoriale locale. Qualora poi, si osservi la distribuzione delle stazioni in funzione del numero di persone residenti nelle varie regioni (dato che soffre dell'eventuale localizzazione preferenziale nei centri urbani delle centraline, tale che la conoscenza del fenomeno in aree rurali è spesso solo ottenuta da centraline uniche utilizzate come riferimento interno) si può notare come alcune regioni confermino un grado di copertura quanto meno sufficiente e parzialmente efficace alla sorveglianza epidemiologica della popolazione, analizzato attraverso il numero grezzo delle stazioni utilizzate che

permangono sotto il rapporto di 1 stazione/100.000 abitanti (Valle d'Aosta, Friuli-Venezia Giulia, Trentino-Alto Adige, sia per la Provincia Autonoma di Trento che per quella di Bolzano). Il range di copertura della popolazione residente va da un minimo di 24.962 abitanti/stazione di monitoraggio in Valle d'Aosta ad un massimo di 1.158.037 abitanti/stazione in Campania, passando per una media nazionale di 361.918 abitanti/stazione. Tale media è considerevolmente alta e consente di ribadire il limite del monitoraggio ambientale così eseguito per il controllo epidemiologico e preventivo della popolazione. 12 regioni presentano un rapporto stazioni/abitanti superiore alla media nazionale: 6 nel Nord (Valle d'Aosta, Friuli-Venezia Giulia, Trentino-Alto Adige, Liguria, Piemonte, Lombardia); 4 nel Centro (Umbria, Marche, Molise, Abruzzo); 2 nel Sud e Isole (Basilicata e Sicilia). Proprio di quest'ultima è bene approfondire

Tabella 2 - Numero di stazioni considerate per l'EoI, numero di stazioni utilizzate ai fini della valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente, numero medio giorni di superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m³ di O₃, numero medio giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine (mediato su 8 ore) per la protezione della salute di 120 µg/m³ di O₃, percentuale delle stazioni con superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m³ di O₃, percentuale delle stazioni con superamento dell'obiettivo a lungo termine (mediato su 8 ore) per la protezione della salute di 120 µg/m³ di O₃ e popolazione media residente per numero di stazioni, per regione. In ORDINE DECRESCENTE per numero medio giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine - Anno 2006

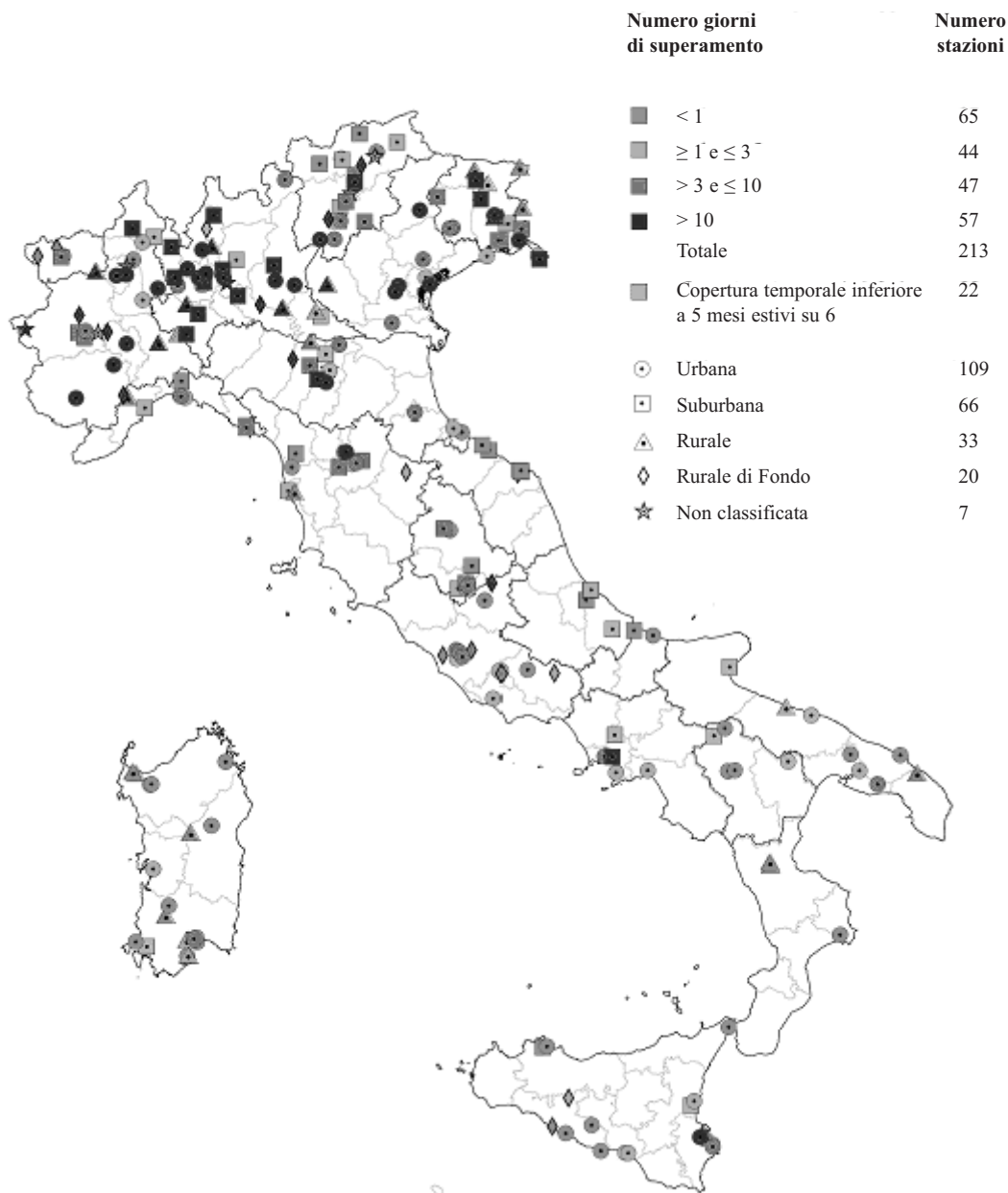
Regioni	Stazioni EoI per l'O ₃	Numero di O ₃ utilizzate ai fini della valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente	Numero medio giorni di superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m ³ di O ₃	Numero medio giorni di superamento dell'obiettivo a lungo termine di 120 µg/m ³ di O ₃	Percentuale stazioni con superamento della soglia oraria di informazione di 180 µg/m ³ di O ₃	Percentuale stazioni con superamento dell'obiettivo a lungo termine di 120 µg/m ³ di O ₃
Lombardia	30	29	20	65	90	90
Piemonte	21	16	14	63	95	95
Veneto	8	8	13	60	100	100
Toscana	11	10	5	51	82	100
Emilia-Romagna	12	4	8	51	67	75
Friuli-Venezia Giulia	21	18	8	51	86	95
Valle d'Aosta-Vallée d'Aoste	5	5	5	43	60	80
Liguria	7	7	4	39	86	100
Lazio	14	10	6	36	64	100
Italia	235	178	5	35	64	84
Trentino-Alto Adige	19	12	5	33	74	100
<i>Trento</i>	7	7	8	45	100	100
<i>Bolzano-Bozen</i>	12	5	4	26	58	100
Puglia	8	8	3	31	50	75
Abruzzo	5	4	1	31	40	80
Umbria	9	8	2	28	67	89
Sicilia	18	15	5	26	39	61
Campania	6	5	5	21	83	33
Basilicata	5	5	0	18	0	40
Calabria	3	3	0	16	0	100
Sardegna	26	4	0	12	15	58
Molise	1	1	0	10	0	100
Marche	6	6	0	7	0	100

Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

l'aspetto positivo di un netto miglioramento del rapporto considerando che nel 2004 era a 2.486.064 abitanti/stazione di monitoraggio, mentre al 2006 si attesta su di un più che lodevole incremento a 1/334.458 e, comunque, migliore della media nazionale. Non può che stupire il dato relativo alle regioni "meno virtuose" in tal senso che, se da una parte confermano il dato di "fanalino di coda" che spesso ha la Campania (1/1.158.037), annoverano nel 2006 l'Emilia-Romagna con una densità di distribuzione delle stazioni di monitoraggio utili alla gestione della qualità dell'aria ambiente in un rapporto di 1/1.055.815 abitan-

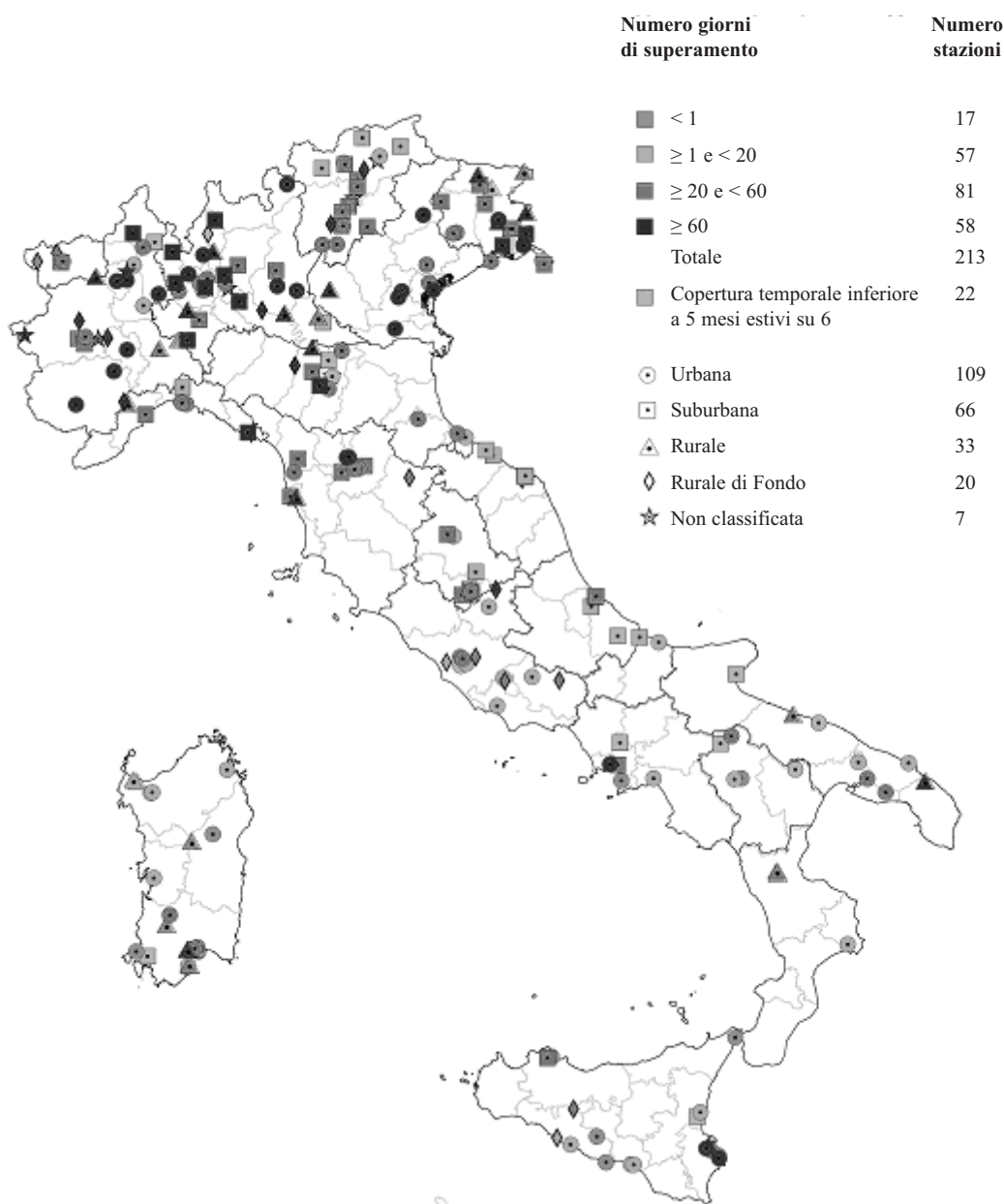
ti. Questo dato, in particolare, evidenzia la notevole discrepanza esistente nel numero delle stazioni di campionamento e nella loro distribuzione sul territorio, dove la differenza tra l'entità del monitoraggio effettuato nelle regioni del Nord e del Centro risulta a volte "abissale" rispetto in particolare alle regioni del Sud o delle Isole (con le dovute eccezioni di Basilicata, Sicilia ed Emilia-Romagna), e difficilmente colmabile nel breve o medio periodo, anche se lo sforzo effettuato a questo fine dalla Sicilia merita opportuna menzione.

Grafico 1 - Numero di stazioni considerate per l'EoI e numero di stazioni per classi di giorni che hanno superato il valore limite della soglia di informazione di $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di O_3 per tipologia di stazione, per regione - Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Grafico 2 - Numero di stazioni considerate per l'EoI e numero di stazioni per classi di giorni che hanno superato il valore limite dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute di 120 µg/m³ di O₃ per tipologia di stazione, per regione - Anno 2006



Fonte dei dati e anno di riferimento: APAT. Sistema Agenziale ARPA/APPA. Anno 2006. Edizione - Annuario dei Dati Ambientali APAT Edizione 2007.

Raccomandazioni di Osservasalute

In considerazione di quanto esposto, i livelli in atmosfera di Ozono Troposferico rappresentano una forma di inquinamento atmosferico da non sottostimare per gli effetti sulla popolazione e sugli ecosistemi, anche in considerazione della non uniformità e differente disponibilità dei dati. Dall'esame di questi dati, si evince che permangono a tutt'oggi differenti lacune nella copertura (e nella disponibilità delle informazio-

ni) sul territorio nazionale, in particolare relativamente all'Italia meridionale e insulare. Perciò la disomogeneità della distribuzione delle stazioni di monitoraggio esistente sul territorio e la solo parziale esistenza di un sistema armonizzato di produzione, raccolta e diffusione delle informazioni configurano i diversi indicatori esaminati come indicatori di carenza più che di stato o di pressione ed esprimono l'esigenza di un maggiore e più appropriato intervento coordinato

degli Enti preposti alla salvaguardia dell'ambiente e della salute della popolazione. Ciò in forza anche dell'evidente ritardo che si ha nei confronti di molti dei Paesi industrializzati e di molti dei Paesi dell'EU. Sembrerebbe, quindi, auspicabile, se non necessario, elaborare strategie e politiche efficaci nel contenimento delle emissioni e nelle attività di intervento a tutela della popolazione e dell'ambiente. Particolare attenzione dovrebbe porsi nella costruzione di una rete maggiormente omogenea di rilevamento per una migliore gestione e comunicazione del rischio ed in

forme di prevenzione ambientale che affrontino la problematica in modo globale e non solo settoriale per sorgente o situazione di emissione dell'inquinante, in special modo nei contesti territoriali ed ambientali che non favoriscano la dispersione (tessuto urbano, zone industriali). Dovrebbero essere previste ad attuate strategie di sorveglianza epidemiologica della popolazione per stabilire correlazioni tra inquinante e effetto sulla salute e promuovere i correttivi migliori e basati su evidenza scientifica. Ciò al fine di ottimizzare la gestione delle risorse e l'impegno delle stesse.